LA MÂTURE

DISCUTÉE ET SOUMISE

A DE

NOUVELLES LOIX.

LA MÂTURE DISCUTÉE ET SOUMISE A DE NOUVELLES LOIX.

Par M. SAVERIEN, *Ingénieur de la Marine.*



A PARIS,

Chez CHAUBERT, Quay des Augustins, à la Renommée & à la Prudence.

M. DCC. XLVII.

Avec Approbation & Privilége du Roi.



DISCOURS PRELIMINAIRE.

QUOIQUE l'Art de Naviguer ait été l'objet des réfléxions des Mathématiciens les plus habiles, il n'y a cependant encore que le Pilotage, qu'on ait soumis à des Loix; il reste même à trouver la solution du Problême principal, qui en est comme le fondement & la base.

La découverte des Longitudes, à laquelle toutes les Nations s'intéressent depuis si long-tems, auroit été la plus essentielle & la plus utile: mais on a été arrêté dans cette récherche par des obstacles, qui paroissent presque insurmontables. Les Marins, pour sup-

pléer à cette connoiſſance, ont recours à un moïen : c'eſt de meſurer le chemin du Vaiſſeau. On ſait, que pour avoir le point du Ciel ſous lequel un Navire ſe trouve, il faut connoître la Longitude & la Latitude du lieu où l'on eſt, ou la différence de l'une & de l'autre, de celui d'où l'on eſt parti. Par l'obſervation des Aſtres, on a cette derniere avec aſſez de juſteſſe. Pour avoir égard à la premiere, on meſure la rapidité du ſillage du Vaiſſeau, ce qui donne la différence des Méridiens.

Au défaut des opérations aſtronomiques, ce moïen eſt ſans doute le meilleur. Cependant le Problême, dont on veut éviter les embarras, triomphe toujours du côté des difficultés, qui humilient autant le Marin, qu'elles lui ſont préjudiciables. *Le Tangage naturel* du Navire (j'appelle ainſi celui, qui provient de l'effort du vent ſur les Voiles) auquel

les Mathématiciens-Pilotes, n'ont-pas encore fait attention ; celui, que causent les vagues d'une Mer orageuse, & surtout les Courans & les Marées rendent cette voie si défectueuse, qu'elle forme un nouveau Problême à résoudre, qu'on peut regarder comme aussi difficile que celui auquel on le substituë.

Tel est l'Art actuel du Pilotage ; Art, comme on voit, encore bien imparfait quoiqu'infiniment au-dessus des autres Arts, qui concernent la Marine. On connoît ce qu'il faut faire, pour prescrire exactement la route d'un Vaisseau. Le tout ne se réduit plus qu'à un Problême compliqué si l'on veut, mais *donné*, qu'il s'agit de résoudre. C'est une grande avance de connoître le point principal d'une question. L'Art de *Construire*, celui de *Mâter*, de *Manœuvrer*, n'ont pas le même avantage & j'ose dire, qu'il est des cas où l'on a ignoré entierement le fond des

Problêmes, qu'on prétend avoir résolus. Il faut l'avoüer en même tems : le fond de ceux-ci est d'un genre bien different de ceux qu'offre le Pilotage. Le Mathématicien le plus habile peut être arrêté par les solutions les plus simples; parce que les solutions les plus simples sont ici des solutions très-difficiles.

Les Savans connoissent la Dispute, qu'a occasionné l'établissement des principes de la Théorie de la Manœuvre : je parle de cette Manœuvre, qui a pour objet principal une parfaite opposition entre l'impulsion du vent sur les Voiles & celle de l'eau sur le Navire. On est redevable en partie à ce combat littéraire de la perfection de la Manœuvre. Il semble même aujourd'hui, que les Marins, les plus communs, peuvent perfectionner cet Art en le réduisant en pratique.

Outre cette Manœuvre, il en est une autre, toute opposée à la premiere qui est fondée sur un certain contra-

ſte entre la ſituation des Voiles & du Gouvernail, & qu'on peut regarder cependant comme la ſeconde partie de la Manœuvre générale. On n'a eû égard dans l'autre qu'au ſillage du Navire, c'eſt-à-dire à la ſituation des Voiles, pour faire mouvoir le Navire. Dans celle-ci, on ne conſidére leurs ſituations, que pour le faire *virer*. Cette ſeconde Manœuvre, que perſonne n'a encore examinée, dépend d'une harmonie entre les Voiles & le Gouvernail; en ſorte que par leur accord, un habile Pilote, fait faire au Vaiſſeau le plus lourd les mouvemens les plus prompts & les plus preſtes; ainſi qu'un habile Ecuïer dirige & fait obéïr ſous ſa main, le Courſier le plus fougueux.*

On comprend bien, que s'agiſſant ici d'un déplacement d'eau de la part de la

* Comme je me propoſe de publier dans peu cette ſeconde Manœuvre, que j'applique à l'Art de ſe battre ſur Mer, & aux Evolutions Navales, je me diſpenſe de parler ici de la Tactique des Eſcadres & des Armées Navales. C'eſt une Matiére, que j'examine à fond dans cet Ouvrage, & ſur laquelle j'eſpere de répandre un nouveau jour.

Poupe du Navire & de sa Prouë, pour établir Géométriquement les principes de ce nouvel Art, que j'appelle le *Manege du Navire*, il faudroit connoître la figure propre du Vaisseau. Par malheur, dans nos Vaisseaux ordinaires, cette figure est Mécanique & elle prive par-là le Géométre de cette précision rigoureuse, qu'il n'abandonne gueres dans ses travaux sans regret.

Cela nous fait voir, qu'il seroit important, qu'on connût la figure du Vaisseau, & qu'avant tout, on devroit commencer à en prescrire une (j'entends la plus avantageuse) aux Constructeurs. Sans entrer dans le détail des utilités que cette figure procureroit à la Navigation, il paroîtra surprenant, que l'Architecture Navale soit abandonnée à une pratique sourde, à une routine aveugle, tandis que l'Architecture Civile & Militaire sont soumises à des Loix. On a grand soin de n'élever sur Terre un Edifice que par des régles sûres ; & on livre sur

Mer un Bâtiment fabriqué par le caprice & comme formé par hazard.

Quelque blâmables que paroiſſent les Conſtructeurs d'aujourd'hui, leurs efforts ſont néanmoins très-louables. On doit leur ſavoir gré de perfectionner par la pratique, ce qu'ils ne peuvent faire par principes. Il n'y a que les Géomêtres, qui ſoient en état de rectifier leurs régles ou de leur en fournir de nouvelles ; & ces conſidérations devroient engager les plus habiles à conſacrer leurs travaux & leurs veilles à perfectionner, diſons mieux, à former une Architecture de Vaiſſeaux.

Peu de Savans ignorent la conduite des Mathématiciens, pour déterminer la figure la plus avantageuſe du Navire. Ce qui s'eſt dabord préſenté à l'eſprit, a été de tâcher à découvrir quel eſt le *Solide de moindre réſiſtance*. Pluſieurs grands Géomêtres ont réſolu ce Problême ; & cette

ſolution n'a eu juſqu'aujourd'hui (par rapport au fond de la queſtion ſeulement) qu'une ſorte d'échec.

Un de ces Génies rares & tranſcendans, qui ne prennent leur eſſor dans les ſciences, que pour ſe faire jour au travers des vérités les plus abſtraites, & pour y applanir les difficultés les plus profondes, a obſervé, * qu'il ne ſuffit pas, comme on l'a fait depuis le Chevalier *Neuton* incluſivement, de trouver celui d'entre les ſolides, qui aïant la même baſe & le même axe que tout autre, ſouffre de la part de l'eau le moins de réſiſtance, qu'il eſt poſſible. Il faut encore, que la ſomme des impulſions du fluide ſoit diviſée par la maſſe du ſolide & prendre le *minimum* du Quotient.

Rien n'eſt aſſurément ni plus juſte ni plus vrai. Cette ſeule objection eſt bien capable de rendre inſuffiſantes toutes les ſolutions qu'on a données

* Dans ſon Traité des Fluides p. 375.

de ce Problême. J'en ajoute cependant deux autres, qui ne me paroissent pasd'une moindre considération & qui ont un rapport plus intime à la Marine ; unique objet auquel nous devons fixer ici toute notre attention.

1°. Il n'est pas démontré, que le Solide de moindre résistance pour les routes directes le soit aussi pour les routes obliques. 2°. Le Solide, par rapport au mouvement du Navire, ne doit point être regardé comme divisant le fluide parallélement à son axe: sa Carene, lorsqu'il fait route, est une section oblique à l'horizon.

La premiere objection n'est pas tout-à-fait nouvelle. On y fait cette réponse : Quelqu'oblique que soit la route d'un solide *de moindre résistance*, la Derive diminuera d'autant plus, que sa *Prouë* divisera l'eau plus facilement; parce que le Solide divisera toujours le fluide par le côté, qui opposera moins de résistance : mais la résistance de l'eau sur sa *Prouë* est un *moindre* : donc

l'angle de la Dérive ſera le plus petit qu'il eſt poſſible; & par conſéquent la réſiſtance de l'eau ſur la Proue du Navire fait ſur ce modele étant un *minimum* dans la route directe, le ſera auſſi dans les routes obliques.

Cette réponſe paroît tout-à-coup très-ſatisfaiſante : elle n'eſt cependant rien moins que telle. Que répondra-t-on, par exemple, ſi l'on nie, que l'angle de la Dérive eſt un *moindre*, lorſque la réſiſtance de l'eau ſur la Proue en eſt un ? C'eſt ſelon moi, (s'il m'eſt permis de le dire) tout le contraire. Car la Dérive, étant formée par l'angle de la Quille & de la *Ligne moïenne de la force mouvante*, & cette ligne étant celle, qui contre-balance ou qui met en équilibre la réſiſtance de l'eau ſur la Proue & ſur la Poupe, il eſt évident, que moins la réſiſtance de la Proue ſera grande, plus la *Ligne moïenne* s'approchera de la *Ligne de la force mouvante*, pour ſuſpendre les efforts de l'eau

ſur la Proüe & ſur la Poupe, & plus par conſéquent la Dérive ſera grande: donc la réſiſtance dans les routes obliques ſera alors un *maximum*, bien loin d'être un *minimum*.

Une conſidération, qui a été négligée par les Géomêtres, par rapport au Solide de moindre réſiſtance & qui renferme la ſolution de ce Problême, eſt l'impulſion de l'eau ſur la Poupe du Vaiſſeau. Il eſt hors de doute, que ce n'eſt qu'en conciliant les deux réſiſtances, que ſouffrent & la Proüe & la Poupe, qu'on peut le réſoudre; ſans oublier cependant notre ſeconde objection, qui eſt entierement neuve, & qui doit engager les Géomêtres à démêler de nouveau ce Problême, s'ils veulent que la Marine en retire quelqu'utilité, qu'on n'a pas eu, ce ſemble, beaucoup en vuë dans cette ſolution.

On a cru juſqu'aujourd'hui que la Carene du Vaiſſeau, lorſqu'il cingle,

étoit une ſection horizontale faite au raz de la Mer *. On s'eſt trompé. Je le démontrerai dans cet Ouvrage. Un Navire ne peut ſiller horizontalement. Il faut qu'il incline, & qu'il balance. Ainſi une figure de Navire, dans laquelle on n'auroit eu égard qu'à un mouvement parallèle à l'horizon, ſera toujours une figure peu utile pour la Conſtruction. L'impulſion de l'eau ſur la Prouë dans ce ſens, eſt bien différente de celle que ſouffre cette partie du Vaiſſeau dans le ſens oblique. L'opération ne doit donc pas être la même.

Avant tout, pour calculer l'effort des obſtacles, qui s'oppoſent au mouvement d'un Corps, on doit connoître parfaitement la nature de ce mou-

* *J'avois moi-même ainſi défini la Carene dans ma Théorie de la Manœuvre, parce que je n'avois pas cru alors devoir y faire attention. Cette conſidération étant hors de ſaiſon dans mon Traité, où il ne s'agit que de la rapidité du ſillage du Navire, par rapport à l'effet du vent ſur les Voiles, n'auroit ſervi qu'à épouvanter un Lecteur timide, prêt à ſe rebuter par toute définition peu connuë.*

vement, qui dépend néceſſairement de la force motrice. D'où il ſuit, qu'afin de découvrir la figure la plus avantageuſe du Vaiſſeau, il faut ſavoir quel eſt l'effet du vent ſur les Voiles.

Il paroîtra ſurprenant, que depuis ſi long-tems qu'on travaille à perfectionner la Navigation, on n'ait point examiné les mouvemens verticaux du Navire, & qu'on ait voulu les ſoumettre à des Loix, ſans les connoître. Mais cet étonnement doit diminuer, ſi l'on peut voir avec tranquillité, qu'on ait ignoré l'action du Mât ſur le Navire, & le point d'appui de l'effort du vent par ce Levier.

Cette queſtion a été parmi les anciens Philoſophes un ſujet de Diſpute & de récherches. Les uns ont cru, que le point d'appui du Mât étoit à ſon pied : c'eſt le ſentiment d'*Ariſtote*. *Baldus* forme cette objection à ce

ſentiment: Si le pied du Mât eſt l'Hypomoclion de ce Levier, ou le Mât caſſera à cet endroit, ou le Navire ſera *capot*. Le mouvement circulaire du Levier ſoutient cette objection.

Pour tâcher d'éviter cet inconvénient, ce Philoſophe a recours à un Levier angulaire, qui a réellement un point d'appui au pied du Mât ſur la Contrequille; mais dont la force n'augmente, que proportionnellement à l'excès de la longueur du Mât, à la demi-longueur de la Contrequille, & non en raiſon de ſa hauteur.

Ceux, qui ſont venus après *Baldus*, ont prétendu, que le Mât ne devoit point être regardé comme un Levier. Leur raiſonnement, ſi on les en croit, eſt triomphant. En tout Levier, le point d'appui doit être fixe: or dans le Mât, il n'eſt pas de point d'appui fixe, puiſque tout ſe meut: donc le Mât ne peut pas être conſidéré comme un Levier.

Le point d'appui n'étoit pas le ſeul objet qui occupât & qui embarraſſât ces Philoſophes. Ils ſe trouvoient arrêtés à un autre phénomêne dont il s'agiſſoit de rendre raiſon : c'eſt que plus l'Antenne eſt élevée, plus le ſillage du Navire eſt rapide. Comment expliquer la cauſe de ce changement dans le mouvement du Navire ?

Ceux-ci ont dit, qu'alors le bras du Levier étant plus long, il devoit en réſulter une plus grande force, & conſéquemment un plus grand effet.

Ceux-là ont répondu, que le mouvement du Mât étant circulaire, ne pouvoit rien produire au ſillage du Navire, & que ſon action n'avoit des droits que ſur ſa tourmente & ſon *Tangage*.

Pour ſoutenir cette preuve, le Pere *Fournier* a remarqué, que c'étoit une vérité d'expérience, qu'on tire plus aiſément des Barques le long

d'une Riviere, lorſque la corde, par laquelle on fait effort, eſt attachée au corps de la Barque, ou au pied du Mât, que lorſqu'elle l'eſt à un point plus élevé. Il ajoûte : Ceux qui lient leur corde au haut du Mât, ne le font que pour éviter les Arbres, qui pourroient arrêter la corde. Les Conducteurs même de ces Bâtimens, qui vont de Roüen à Paris, & qui ſont chargés environ de vingt-cinq mille livres, n'aïant en vûe dans la hauteur de leurs Mâts, que les obſtacles, qui ſe trouvent ſur les bords de la Riviere, ne leur donnent que 30. & même 25. pieds de hauteur; tant ils ſont perſuadés que la hauteur nuit au ſillage d'un Bâtiment.

Après ces obſervations, le Pere *Fournier* explique ainſi l'action du vent ſur le Mât. Le Mât, dit-il, lorſque le vent agit, ne peut incliner, étant attaché fortement au Na-

vire,

vire, & ſon effet ne ſert qu'à le ſoulever, & à l'entraîner après lui. Par-là, le ſillage du Vaiſſeau augmente ou diminuë, ſelon que le Mât eſt bien ou mal attaché, & que le vent eſt plus ou moins rapide.

Tels étoient les raiſonnemens des anciens Philoſophes. Autrefois on croïoit aveuglément tout ce qui venoit de leur part; & le Public recevoit avec une ſorte de vénération leurs préceptes. Ce tems n'eſt plus. Ils ont bien perdu de leur crédit. Leurs erreurs ſont découvertes. Il ſuffit même à la plûpart des Lecteurs, de voir leur nom à la tête d'un Ouvrage, pour en concevoir tout d'un coup une idée peu avantageuſe.

L'Homme donne volontiers dans des excès. Il a été un tems où l'on humilioit cet Animal raiſonnable: aujourd'hui on l'éleve. *Paſcal* eſt le ſeul, qui ait pris un ſage milieu, & qui ait fait voir, qu'il étoit également

dangereux de lui faire connoître sa grandeur, & de lui trop exposer sa bassesse.

Nous pouvons penser de même à l'égard de ces Philosophes, & peser leurs raisonnemens avec plus d'équité, &, si l'on veut, avec plus d'indulgence. Celui, qui étoit judicieux, a toujours été tel. Les égaremens d'un Homme qui pense, ne proviennent que du défaut de connoissances, qui sont dûes à la suite des tems.

Au travers des méprises des anciens Mécaniciens, on voit reluire cependant des réflexions aussi sages que judicieuses.

Aristote croïoit, que le point d'appui du Mât étoit à son extrémité. *Aristote* ne péchoit point par défaut de raisonnement. Ce Philosophe, conformément aux principes de la Mécanique, cherchoit dans le Mât un point d'appui fixe, & il n'en trouvoit que sur la Contrequille, où le Mât est élevé.

Selon *Baldus*, si ce sentiment étoit vrai, le Mât devroit ou casser en cet endroit, ou le Navire faire capot. Cela paroît naturel. Le Mât ne tendant qu'à décrire un arc, & à faire incliner le Vaisseau, il est certain, que ou il inclinera, tant que le vent fera effort sur les voiles, ou le Mât se rompra, il n'y a point de milieu. Quant à la rupture, dès qu'on place le point d'appui au pied du Mât, on est obligé d'accorder, qu'elle se fera en cet endroit. Car, non-seulement le Mât résiste à cette rupture, à proportion de sa grosseur & de la multitude de ses fibres; mais ces fibres résistent d'autant moins, qu'ils sont éloignés de l'Hypomoclion, qui est le centre des efforts.

La méprise d'*Aristote* une fois reconnue, on ne s'attacha plus qu'au sentiment de *Baldus*; & les réflexions de celui-ci en fournirent de plus jus-

tes. On remarqua, que le Mât ne pouvoit point être regardé comme un Levier; parceque le point d'appui d'un Levier devoit être fixe, & qu'on ne pouvoit pas assigner de tel point, ni dans le Navire, ni dans le Mât, l'un & l'autre étant toûjours en mouvement.

Que ce raisonnement est solide à certains égards! Le grand *Bernoulli* l'a démontré par rapport à un Systême de corps, qu'une puissance tend à faire incliner par l'action d'un Levier. Ces Savans pensoient, qu'il n'y avoit pas de point d'appui fixe dans le Mât : ils se trompoient. Cette connoissance étoit peut-être encore trop élevée pour eux. C'étoit bien assez d'avoir reconnu, que là où il y a du mouvement, il ne peut y avoir de point d'appui. Cette vérité est une sorte de découverte de leur part, qui exige de la nôtre une reconnoissance.

Enfin le Pere *Fournier*, après avoir diſcuté & peſé les divers ſentimens de ces Philoſophes, a été plus loin. Profitant de leurs découvertes, il s'en eſt aidé, pour déveloper une queſtion qui lui paroiſſoit importante, & qui l'eſt en effet. Ce laborieux Jéſuite a remarqué, que la hauteur de l'Antenne ne contribuoit en aucune façon au ſillage du Navire. Cela eſt vrai dans tous les cas où le vent a un certain dégré de force, capable de le faire incliner. Un plus grand effort ſur le Mât, ne ſert uniquement qu'à le faire tanguer davantage. Mais le cas eſt différent, lorſque la force motrice n'eſt pas aſſez conſidérable, pour faire ſubir au Navire l'inclinaiſon néceſſaire à un parfait ſillage.

Quelle peut être la cauſe de l'erreur du Pere *Fournier* ? C'eſt qu'il penſoit, que l'effet du vent ſur les Voiles étoit le même que celui d'un

Animal, qui traîne une Barque le long d'une Riviere. Il eſt bien vrai, que dans ce cas la hauteur de la Vergue, ou, pour parler avec plus de juſteſſe, du centre d'effort des Voiles, bien loin de contribuer à la rapidité du ſillage, lui eſt contraire. La raiſon en paroîtra évidente, ſi l'on fait attention, que le premier effort de l'Animal tend à faire incliner la Barque, juſqu'à ce qu'elle déplace un volume d'eau, qui faſſe équilibre à l'effort circulaire du Mât. Alors le Bâtiment ne pouvant plus incliner, & l'Animal tirant toujours, il eſt clair, que cet effort doit faire échaper la Barque par l'endroit qui réſiſte le moins, qui eſt ici la Prouë. De ſorte que la Barque fend le fluide avec une vîteſſe d'autant moindre que ſon inclinaiſon eſt grande, ſoit parce qu'elle trouve de la part de l'eau une réſiſtance proportionnelle à l'effort vertical de la Bar-

que, ou autrement à l'inclinaiſon du Mât, ſoit parce qu'elle a un plus grand volume d'eau à déplacer.

Je ferai voir dans cet Ouvrage, que ce n'eſt plus la même choſe, lorſque le Navire cingle par l'effort du vent ſur les Voiles; qu'alors la route du Vaiſſeau n'eſt point forcée, & qu'elle ne ſe fait qu'en balançant.

Après toutes ces recherches, un Géomêtre habile (*M. Bouguer*) a remanié de nouveau cette queſtion. Sans avoir égard à ces divers ſentimens, qui auroient dû ſervir à une connoiſſance certaine, il a cherché à déterminer l'Hypomoclion du Mât, & a diſtingué pour cela deux états dans le mouvement du Vaiſſeau, l'un horizontal & l'autre vertical.

Je démontrerai, que le mouvement horizontal n'a jamais exiſté. C'eſt une vérité d'expérience, & j'en appelle d'avance au jugement de tous les Marins.

Quant au ſecond mouvement, ce Savant place alors le point d'appui au centre de gravité du Vaiſſeau. Il eſt naturel de préſumer, que dans ce cas on ſuppoſe que le Mât paſſe par ce centre. Cependant le centre de gravité du Vaiſſeau eſt toujours l'hypomoclion du Mât, ſoit qu'il paſſe par cet endroit ou ailleurs, en ſorte que le point d'appui eſt hors du Mât même.

Quelque difficile qu'il ſoit de concevoir le point d'appui d'un Levier hors de ce Levier, on peut objecter à M. *Bouguer* ce qu'on a objecté autrefois à *Baldus* : ſavoir, que le point d'appui doit être fixe, tandis que toutes les parties du Navire ſont en mouvement, état que ne conſerve pas le centre de gravité du Vaiſſeau.

Pour déterminer enfin le véritable point d'appui du Mât, il faut faire attention, que le Mât ne peut faire

incliner le Vaiſſeau ſans le ſoulever, & que plus il réſiſte à ce ſoulevement, moins l'inclinaiſon eſt grande. En même tems que le Mât décrit un arc circulaire en avant, le Navire en décrit un en ſens contraire. Ces deux arcs ont par raïon un centre commun, & ce centre doit être eſſentiellement fixe. Cela poſé, ſi de ces arcs oppoſés par la pointe, on pouvoit mener une ligne, elle couperoit le Mât au centre de rotation. Une choſe difficile à déterminer eſt la grandeur de ces arcs proportionnels à leurs raïons. Qu'il ſeroit à déſirer qu'on y parvint! On auroit le centre *ſpontané de rotation*, c'eſt-à-dire l'*Hypomoclion* du Mât.

S'il étoit permis de juger des autres par ſoi-même, ce ſentiment paroîtroit aux plus zélés Partiſans de M. *Bouguer* un principe plus clair que le jour.

Mais un principe a beau être clair, lorſque le préjugé domine. Difficilement le détruit-on, quand il eſt ſous la protection de l'amour propre. Depuis vingt ans que l'opinion de M. *Bouguer* eſt admiſe, on croit que ce Savant ne s'eſt point trompé. Lors même que la Théorie de la Mâture parut, elle fut reçuë avec tant d'applaudiſſemens, qu'on n'eut garde de ſoupçonner que ſon édifice ſi admiré fût appuïé ſur de foibles fondemens. Aujourd'hui on a de la peine à ſe le perſuader.

M. *Bouguer* n'eſt pas le ſeul qu'il faut déſabuſer ; il y a encore à convertir tous ceux qui ont adopté ſes ſentimens. Ce n'eſt pas la premiere fois, que les Savans ont fermé l'oreille aux vérités les plus ſenſibles. Il eſt des erreurs ſéduiſantes & trompeuſes, qui peuvent beaucoup. Nous en avons une preuve & un exemple

bien ſrappant dans la Marine, pour ne pas ſortir de notre ſujet, & qui a quelque choſe de remarquable.

On ſait, que M. *Huguens* fut écouté peu favorablement, lorſqu'il réfuta le principe ſur lequel la Théorie de la Manœuvre des Vaiſſeaux du Chevalier *Rénau* eſt établie, & que l'objection de ce Géomêtre à ce principe paſſa pour une mépriſe de ſa part. Il faut convenir, qu'on s'en tint à la déciſion du grand *Bernoulli*, & que l'erreur ne ſubſiſta que vingt ans. Depuis vingt ans, le principe que je combats eſt établi. Seroit-ce là le terme des mépriſes qui regardent la Marine?

Si un Homme auſſi illuſtre que M. *Huguens* n'a pû, ni par ſa réputation, ni par la force de ſes démonſtrations, ſoumettre les eſprits, que n'ai-je pas à craindre, moi, qui n'ai que la vérité pour appui, en atta-

quant les principes de M. *Bouguer*? Je ſais que la vérité toute nuë perce difficilement à travers la prévention & le mérite établi ; & je reconnois en cela tout l'avantage que le célébre M. *Bouguer* a ſur moi.

Un Lecteur attentif, qui a ſuivi l'enchaînement des parties de la Marine, que j'ai dévelopées ſelon leur ordre naturel, a dû s'appercevoir que la queſtion que j'agite ici eſt très-importante, & qu'elle eſt la baſe des principes de la Théorie de la Mâture, & de celle de la conſtruction des Vaiſſeaux. Il a dû comprendre en même tems l'inſuffiſance de tout ce qu'on a écrit ſur ces deux parties de la Marine, fondées ſur l'ancien principe. Que les Savans auroient épargné de la peine à ceux qui ont travaillé ſur ces matieres, s'ils avoient réfléchi mûrement à cette vérité: Rien n'eſt plus contraire aux progrès

des Sciences & des Arts, qu'une aveugle déférence aux opinions auxquelles le tems a donné quelque poids!

Dans cet Ouvrage, je me ſuis borné uniquement à trois choſes: 1°. A éxaminer les principes ſur leſquels M. *Bouguer* a établi ſon Traité de la Mâture, & les conſéquences qu'on en tire. 2°. A faire voir que ſa Réponſe à mon Objection touchant l'Hypomoclion du Mât, dans le cas du Tangage, n'eſt nullement ſatiſfaiſante. 3°. A donner le Projet d'une nouvelle Théorie de la Mâture.

Avant que d'entrer dans l'examen que je me propoſe, je dois faire obſerver que M. *Bouguer*, dans le mouvement du Navire, a négligé *la force d'inertie*, reconnüe par *Képler*, appellée telle par *Nevvton*, & généralement reçüe; qu'il a ignoré & la cauſe phyſique du Tangage & la ma-

niere dont le Vaiſſeau fait route. C'eſt ſeulement en aïant égard à ces trois objets, qu'on peut découvrir les vrais principes de la Mâture, j'ai déja dit de la Conſtruction, & former un nouvel Art.



ERRATA.

PAge 10. *ligne* 25. P. 1. *lisez* P. 3.
23. *ligne* 22. un, *lisez* une.
18. *& suivantes*, Sistême, *lisez* Systême.
43. *ligne* 21. roient, *lisez* seroient.
52. ligne 25. x^2, lisez x.
70. *ligne* 4. *après* je ne crois pas, *ajoutez*, vû les connoissances qu'elles procureront.
Ibid. *ligne* 8. 428. *lisez* 142.
79. *Au titre courant du haut de la page*, sur la Manœuvre, *lisez* sur la Mâture.

LA MÂTURE



LA MATURE DISCUTÉE ET SOUMISE A DE NOUVELLES LOIX.

§ I.

Notions générales de toutes les parties de la Marine.

I.

LA Marine a tant de parties, & ses parties ont tant d'analogie entr'elles, qu'on ne sauroit fixer éxactement l'objet d'une en particulier, si l'on ne détermine celui de toutes les autres. Sans cette attention, négligée jusques à présent, l'idée, que l'on aura de la Théorie de la construction, de celle de la Mâture, & de la Manœuvre sera tou-

jours fort imparfaite. Auſſi la plûpart des Marins confondent aſſez ſouvent la conſtruction avec la Mâture ; les opérations de celle-ci avec celle de la Manœuvre, & la Manœuvre même avec le Pilotage. Pluſieurs d'entre eux définiſſent le Pilotage: *l'Art de conduire facilement & ſûrement un Vaiſſeau ſur Mer ;* quoique cette définition ſoit celle de la Navigation entiére, c'eſt-à-dire, de la Manœuvre, du Pilotage, de la Mâture, tout enſemble ; ces Arts particuliers faiſant celui de la Navigation, & le mot de Navigation renfermant tout.

Que le commun des Marins ſoit ſi peu inſtruit de ce qu'il devroit parfaitement connoître, il n'y a pas lieu d'en être ſurpris. La routine le dirige ; & des regles qu'il en a déduites, entaſſées ſans ordre & avec confuſion, forment toute ſa ſçience. Mais il eſt étonnant, que les Officiers, les Pilotes éclairés, & ſur tout les Géomêtres, qui voient clair dans le fond des choſes, n'aient point défini exactément le Pilotage & la Manœuvre &c. & qu'ils n'aient point placé dans leur rang les diverſes connoiſſances, qui appartiennent à chaque Art en particulier. Peut-être que cette inattention de leur part eſt la cauſe de cet éloignement des véritables principes de la Mâture, qu'on eſt obligé de dévéloper aujour-

dui. Eh ! doit-on se promettre de réussir, & de faire des progrès dans un Art, si l'on ignore quel en est le but & la fin ?

Tâchons d'éviter ici cet inconvénient. Rendons au Pilotage, à la Manœuvre, à la construction ce qui leur est dû ; donnons à la Mâture ce qui lui appartient, & formons-nous une idée claire de tous ces Arts, qui par leur réunion & leur harmonie, forment le plus grand de tous les Arts.

II.

La Théorie de la construction doit renfermer trois choses. Il faut tâcher de rendre un Vaisseau tel ; 1°. Qu'il fende l'eau, le mieux qu'il est possible ; 2°. Que sa forme soit propre à recevoir une bonne Mâture, afin qu'il en porte bien la Voile ; 3°. Qu'il sente bien son Gouvernail, qu'il gouverne avec aisance, & qu'il dérive moins. Tout cela est du ressort du Géomêtre-Physicien ; il faut être même très-habile, pour discuter tous ces avantages, qui paroissent quelquefois opposés, & dont il est nécessaire de faire une juste & exacte compensation.

Outre la figure du Vaisseau, qui attire ici toute l'attention, un prudent Théoricien doit encore travailler à le rendre so-

lide, ſans le rendre trop maſſif, trop lourd, trop péſant, & bien juger & de la force & de l'épaiſſeur des bois, qui doivent entrer dans ſa compoſition ; pour qu'ils puiſſent réſiſter aux chocs auſquels ils ſont expoſés.

Ces conſidérations exigent bien du travail, bien des connoiſſances, bien des réflexions, bien du temps. Un Homme livré à de pareilles recherches eſt beaucoup occupé ; à la vérité il a beaucoup à faire, puiſqu'il doit découvrir *l'Art de faire des Bâtimens les plus propres à une parfaite & une ſûre Navigation.*

III.

C'eſt peu d'avoir un bon Navire, ſi ce Navire n'eſt pas conduit dans un voïage avec circonſpection. A cette fin, on doit avoir recours au Pilotage, à la Manœuvre, à la Mâture.

Le Pilotage preſcrit la route du Vaiſſeau, marque les bancs de ſable, avertit des écueils, & détermine le point du Ciel, ſous lequel le Vaiſſeau ſe trouve. Son but eſt donc : *De preſcrire avec exactitude la route ſûre d'un Vaiſſeau, dans quelqu'endroit du monde qu'il ſe trouve, pour un voïage donné.* La Manœuvre & la Mâture agiſſent de concert, pour faire ſuivre cette route

avec promptitude & avec le moins de risque. Le principal objet de la Manœuvre est de procurer ce premier avantage, celui de la Mâture le second. Il est vrai cependant, que la Manœuvre a quelque part à ce dernier; de sorte qu'il est nécessaire de bien saisir les connoissances, qui lui sont propres, pour ne nous attacher qu'à celles de la Mâture.

IV.

On ne sauroit mieux distinguer ces deux parties de la Marine, qu'en faisant attention à deux coupes, dont le Navire est susceptible, & qui se réduisent à deux plans; l'un horizontal & l'autre vertical. Ce dernier peut être considéré selon que la coupe du Vaisseau a été faite, soit dans le cas de sa longueur, soit dans le sens de sa largeur. La Théorie de la Manœuvre a pour objet les mouvemens du Vaisseau, dans le sens horizontal; celle de la Mâture dans les sens verticaux. La premiere n'a égard qu'à la grandeur du sillage; la seconde aux oscillations, qui peuvent retarder ce sillage. Selon que le Vaisseau balance on appelle differemment ses balancemens. S'ils se font dans le cas de sa longueur on les nomme *Tangage*, & dans le cas de

ſa largeur *Rouli*. Or c'eſt ce Tangage & ce Rouli, ou ces balancemens de Prouë à Poupe, & de *Stribord* à *Babord* qu'on examine dans la Mâture.

Je définis donc la Théorie de la Manœuvre, (comme je l'ai déja fait) *L'Art de ſoûmettre les mouvemens du Vaiſſeau à des Loix, pour les diriger le plus avantageuſement qu'il eſt poſſible :* celle de la Mâture: *Celui de ſoumettre les mouvemens du Vaiſſeau à des Loix, afin de les rendre le moins dangéreux qu'il eſt poſſible.* On comprend bien que les mouvemens horizontaux ſont l'objet de la Manœuvre, & les verticaux celui de la Mâture. En un mot, l'Art de *Manœuvrer* eſt l'Art de bien gouverner un Vaiſſeau. L'Art de *Mâter* eſt l'Art de le tenir dans ſon équilibre.

V.

Pour réunir maintenant tous ces Arts; & pour n'en faire qu'un ſeul, voici comme l'on peut conſiderer ces quatre parties de la Marine. Je compare un voïage, qu'on fait ſur Mer, à celui, qu'on peut faire ſur Terre; & ce que l'on pratique pour la commodité de l'un, peut s'entendre pour la ſûreté de l'autre.

Suppoſons qu'un Voïageur ait une gran-

de course à faire en moins de tems qu'il est possible. Son premier soin est d'avoir une bonne Chaise de Poste, & il a recours pour cela à un bon Carrossier, auquel il recommande la solidité, la légereté, & une forme avantageuse, pour qu'elle puisse être bien suspendue, &, s'il est Physicien, pour qu'elle trouve en fendant l'air le moins de résistance qu'il est possible. C'est là le soin du *Constructeur*. Il faut ensuite suspendre la Chaise de Poste, de façon que notre Voïageur ne soit pas trop cahoté, & qu'à un mauvais pas elle ne perde pas aisément par un contre coup son équilibre. En le supposant intelligent, il examine si elle ne panche pas trop sur l'arriere, ni trop sur l'avant, ou si elle est suspendue à une distance convenable, de l'un & de l'autre côté. Tel est sur un Navire, l'ouvrage d'un *Mâteur*. Après cela, il cherche un Postillon, pour conduire cette Chaise de Poste, qui soit habile à éviter les ornieres, à ménager le terrein dans un chemin étroit, en tournant avec adresse, à éviter les contrecoups. C'est ici la bésogne du *Manœuvrier*. Enfin si le Postillon ne fait pas le chemin, celui qui le lui montre est le *Pilote*. Ce qui fait quatre Arts & quatre Artistes ; 1° celui de construire une Chaise de Poste légere & solide & bien

proportionée ; 2°. celui de la suspendre ; 3°. celui de la conduire ; 4°. celui de connoître la route qu'elle doit tenir.

Après ces éclaircissemens, les parties de la Marine doivent paroître dans leur plus grand jour, & nous ne devons pas craindre, qu'en parlant de la Mâture, ainsi que nous nous sommes proposés, on s'éloigne de son véritable but. Il est maintenant de la derniére évidence, qu'on n'a égard dans cette Théorie, qu'aux mouvemens verticaux du Navire ou aux balancemens, qu'on doit tâcher de rendre, non-seulement les moins dangereux qu'il est possible, mais même les plus avantageux.

Ici nous devons naturellement exposer les principes de la Théorie de M. *Bouguer*. Nous croïons avoir mis le Lecteur en état de juger du mérite & du fond de son Ouvrage.

---

§. II.

Principes de la Théorie de la Mâture de M. BOUGUER.

I.

IL y a long-tems, qu'on reconnoît, que les voiles supérieures font plus d'effet que les inférieures. Mais ce n'est pas, com-

le croïoient les Anciens, parce que le Mât sert de lévier, & que les plus hautes sont plus éloignées du point d'apui, qu'ils plaçoient au pied du Mât.* La seule raison est, que les plus élevées sont exposées à plus de vent & à un vent plus rapide. M. *Bouguer*, qui fait après le P. *Hoste*, cette objection aux Philosophes de l'Antiquité, détermine l'Hypomoclion du Mât bien différemment qu'eux. Selon ce Savant, le centre de la Terre est l'Hypomoclion du Mât, dans le mouvement horizontal du Navire. De-là il suit, que lorsque le Vaisseau single selon ce sens, l'impulsion du vent est égale à la résistance, que le Vaisseau trouve à fendre l'eau. Dans cette supposition, le fardeau & la puissance étant sensiblement à un même point, la puissance est égale au fardeau.

II.

Si la hauteur des Mâts ne produit aucun changement dans la marche horizontale du Navire, il n'en est pas de même dans le cas du Tangage & du Rouli ; car peu de changement, dans la Mâture, produit des

* On a vû dans le Discours préliminaire, que ce sentiment, qu'on attribue ici aux Anciens, n'est pas cependant le seul, qu'ils aient adopté, comme M. *Bouguer* l'a crû.

effets bien différens, ce qui n'arriveroit pas, si le centre de la terre étoit l'Hypomoclion du Mât. On doit donc conclure, dit M. *Bouguer*, que le centre de gravité du Vaisseau est alors l'Hypomoclion, ou le point d'apui du Mât. Cette conséquence n'est pas tout-à-fait hazardée. Une puissance (appliquée à un levier) tend d'autant plus à faire incliner un corps, qu'elle est plus eloignée (selon M. *Bouguer*) de son centre de gravité.

» Si par exemple, (je me sers des mêmes » termes de l'Auteur) la direction SK, (*fig.* » 1.) du choc du vent sur la voile L M, » passoit par le centre de gravité G du Na» vire OC, (*fig.* 1.) le vent n'auroit aucune » force, pour le faire incliner; mais comme » la direction SK est considérablement éloi» gnée du centre G, on doit convenir, » que le choc du vent tend à faire pancher » le Vaisseau avec un moment, qui est » d'autant plus fort, que la distance de sa » direction S K au centre G, qui sert de » point d'apui est grande. (*De la Mâture des Vaisseaux p.* 1.)

III.

Tandis que le vent travaille à faire plonger la Prouë du Navire, l'impulsion, qui s'oppose à l'effort du vent, est *l'impulsion*

de l'eau ſur la Prouë ; & cette impulſion peut contrebalancer ſon effort : Elle ſouleve la Prouë, lorſque le vent travaille à la faire *caler ;* de ſorte que, ſelon qu'une de ces impulſions ſera plus ou moins forte, le Vaiſſeau doit prendre différentes ſituations.

IV.

Cela poſé, M. *Bouguer* entre dans le détail & examine les différens états du Vaiſſeau, ſelon les différentes impulſions. Pour parvenir à cette connoiſſance, l'Auteur exprime par le côté Np d'un parallélograme Nt, l'impulſion du vent ſelon S K & par Nr celle de l'eau DR, dont la diagonale Nt, repréſente l'effort abſolu de ces deux forces, qui tirent le Vaiſſeau *dans le ſens de la route.*

Or, ajoûte l'Académicien, plus le Vaiſſeau fuit le vent, plus le ſillage s'accélére, & moins l'impulſion du vent ſur les voiles eſt grande. D'un autre côté, plus le Vaiſſeau ſingle vite, plus l'impulſion de l'eau ſur la Prouë eſt forte : d'où il naît un changement, qui forme les côtés du parallélograme bien différens du précédent. Dans ce ſecond état, le côté, (pN) qui exprime l'effort du vent doit être moindre, & celui de la réſiſtance (Nr) de l'eau ſur la Prouë doit être plus grand.

Ce nouvel effort fait accélérer la marche du Navire, & la même chose se répéte à chaque instant, jusqu'à ce que l'effort mutuel du vent & de l'eau, ou la diagonale du dernier parallélograme, soit verticale au Navire.

Alors ces deux forces réunies en une seule, ne tendent qu'à soulever le Vaisseau ; & comme, selon M. *Bouguer*, il reste fort peu dans le premier état, je veux dire dans celui où sa marche s'accélére (puisque cette accélération s'acheve dans deux ou trois minutes) l'Auteur conclud, qu'on peut considerer son mouvement seulement dans ce second état. Ainsi M. *Bouguer* établit pour principe, que : *Les impulsions du vent sur les voiles, & de l'eau sur la Prouë ne se réduisent, qu'à un effet vertical au Vaisseau, ou ne tendent qu'à soulever le Navire en haut, selon la verticale qui passe par l'intersection de leurs directions.*

V.

Ceci est specieux, & les conséquences de ce raisonnement sont admirables. Puisque l'effort mutuel du vent & de l'eau tend à soulever le Navire, il est clair, qu'il ne le soulevera horizontalement, que quand cette verticale passera par le centre de

gravité du Vaisseau. Une puissauce tend d'autant plus à faire incliner un corps, qu'elle est plus éloignée de son centre de gravité ; de maniere, que si elle s'éloigne du côté de la Poupe, la Mâture sera défectueuse, puisqu'elle tendra à faire incliner le Navire du côté de la Prouë ; si elle passe du côté de la Prouë, la Poupe inclinera. D'où il est aisé de conclure, que la véritable Mâture est celle, qui fait passer la direction verticale NT, composée de l'eau & du vent, par le centre de gravité du Navire.

Cette considération fournit ce second principe : *Pour mâter un Vaisseau, il faut faire passer la direction du vent sur la voile, par le point de concours de la direction du choc de l'eau sur la Prouë, & la verticale du centre de gravité du Vaisseau.*

VI.

L'examen, qu'on vient de faire, ne considere que deux forces, celle du vent & celle de l'eau. On ne doit pas en négliger un troisiéme. Rien n'est caché à M. *Bouguer*. Il s'agit ici du choc vertical de l'eau, pour soulever le Vaisseau. On sait en Hydrostatique, & on en rend raison, que les liqueurs ont une force, pour pousser en

haut les corps, qui y sont plongés. Cette force, qui est égale au poids du corps, agit dans le centre de gravité de l'espace, qu'occupe la *Carene*, ou la partie submergée du corps.

Lorsque le Vaisseau est tiré en haut, par l'effort mutuel du vent & de l'eau, dont je viens de parler, il se trouve moins plongé. Le centre de la Carene, ne quitte point, par ce soulevement, la verticale du centre de gravité du Navire, lorsque la Prouë & la Poupe sont égales comme sont les Houcres ; mais elle s'en écarte, quand cette égalité n'existe plus, & c'est ce qui arrive dans nos Vaisseaux ordinaires. Alors ce centre change de place, & cette force, ne se trouvant plus sous le centre de gravité du Navire, tend à produire quelque inclinaison, qui peut varier, selon que ce centre est éloigné du centre de gravité du Navire, soit du côté de la Prouë ou de celui de la Poupe. Cette inclinaison peut même devenir si grande, que l'eau entre par les *Sabords* du Navire & le submerge, à moins, qu'il n'y ait équilibre entre la traction verticale de l'eau & du vent, ou la diagonale du parallélograme, & la poussée verticale de l'eau au centre de gravité du Navire.

C'est-là, dit M. *Bouguer*, la loi générale

que les Vaisseaux observent dans leurs situations.

VII.

Il seroit à souhaiter, que cet équilibre existât toujours. Par malheur cette poussée verticale perd très souvent équilibre, & ce n'est même que par un grand hazard, qu'elle peut le conserver.

Quoique cette difficulté soit forte, elle s'évanoüit, lorsqu'on fait attention, que l'effort formé par l'eau & le vent, ne fait sortir qu'une partie presqu'insensible de la Carene. Le calcul en est fait. Le vent le plus rapide ne peut soulever le Navire hors de l'eau, que de l'épaisseur de six pouces. Ce qui fait voir, que, pour obvier à cet inconvénient, il suffit de faire passer la verticale de l'eau & du vent, ou la traction verticale par le centre de gravité de la coupe horizontale prise à fleur d'eau, pour qu'elle passe sensiblement par la partie non submergée. Ainsi la bonne Mâture se réduit : *A faire ensorte que la direction de la voile passe par le point de concours de la direction du choc de l'eau sur la Prouë, & la verticale du centre de gravité de la coupe du Navire faite au raz de la Mer.*

VIII.

Tels sont les principes de la Mâture de

M. *Bouguer*. Il n'a été principalement question dans cette Théorie, comme on a dû voir, qne du mouvement du Navire, lorsque la traction verticale agit par son centre de gravité, où par celui de sa Carene, & dans cet état les regles établies ci-dessus suffisent. Cependant, si, comme il arrive ordinairement dans les routes obliques, cette diagonale passe beaucoup au de là du centre de gravité du Navire, sans qu'on puisse remedier par ces regles, il est important d'en découvrir & d'en connoître d'autres.

D'abord l'Auteur de la Mâture vouloit, qu'on cherchât à faire répondre *le point vélique*, ou le point de concours du vent & de l'eau, au centre de gravité du Navire, en inclinant la voile le plus qu'il est possible, afin que le Vaisseau ne *calât* pas considérablement. En examinant la question de plus près, on a reconnu un moïen plus sûr & plus géométrique. C'est pour faire part au public de ce moïen, que M. *Bouguer* a écrit, dans son *Traité du Navire &c.* sur la Mâture des Vaisseaux. Le voici en peu de mots.

IX.

Lorsque le Navire est tiré par une direction verticale beaucoup distante du centre de

de gravité, il incline, & cela jusqu'à ce que la poussée verticale de l'eau soit assez distante de ce même centre dans un sens contraire pour faire équilibre à cet effort. Ces deux forces doivent soutenir le Navire. Pour que cela soit, il n'y a qu'à diminuer la hauteur du *point vélique*, ou la surface des voiles, jusqu'à ce que la traction multipliée par sa distance, au centre de gravité du Navire, qui lui sert de bras de levier, dont le centre de gravité est l'hypomoclion, soit égale à la poussée verticale multipliée par sa distance du même centre, dans un sens contraire.

Après cela, la Théorie de la Mâture de M. *Bouguer* est perfectionnée. Cette perfection est toujours appuiée sur les principes précédens, & n'en est qu'une conséquence & une suite.



§. III.

Objection au principe fondamental de la Théorie de la Mâture, de Monsieur BOUGUER. Réponse de cet Auteur à cette objection. Replique à sa réponse.

I.

LA Théorie de la Mâture, de Monsieur *Bouguer*, est établie sur ce principe : *Le centre de gravité du Vaisseau est l'hypomoclion du Mât dans le cas du Tangage.* J'ai avancé dans ma nouvelle Théorie de la Manœuvre, que ce principe étoit faux, & que le point d'apui étoit au centre spontané de rotation. J'en ai renvoïé la preuve à la Théorie de ce centre établie par M. *Bernoulli* dans le IV. Tome de ses Oeuvres.

Il s'agit dans cet article, qui a pour titre : *De centro spontaneo rotationis*, de déterminer le point d'apui d'un levier, qui tend à faire tourner un Siftême de plusieurs corps. M. *Bernoulli* examine d'abord le mouvement du Siftême selon deux différen-

tes directions. Ou, dit ce Grand Homme, la force motrice passe par le commun centre de gravité du Sistême, ou elle n'y passe pas. Si elle passe par ce centre, il est évident, que le Sistême sera mû selon une direction paralléle à celle de la force motrice ; parce qu'elle ne lui oppose d'autre résistance que celle qu'il peut faire par sa masse. Si elle n'y passe pas le cas est différent.

II.

M. *Bernoulli*, pour déveloper ce second cas, suppose, que la puissance, qui doit faire mouvoir le Sistême, selon une direction oblique, agit sur un levier perpendiculaire à un plan horizontal, qu'on imagine diviser en deux le Sistême, par le centre de gravité.

On sait, que la puissance étant appliquée à l'extrêmité du levier peut être prise, pour l'hypomoclion, par rapport à quelqu'autre, qui doit agir à un autre endroit du levier, selon les Loix ordinaires de la Mécanique. Or, il est clair, que si le Sistême incline, l'autre puissance ne peut pas passer (en prenant toujours l'extrêmité du levier opposée à celle qui passe par le centre de gravité du Sistême pour hypomoclion) par le centre de gravité :

(Art. 1.) donc elle doit être appliquée à quelqu'autre point hors de ce centre ; & c'eſt ce point qu'il s'agit de découvrir.

III.

Dans cette vuë, & pour parvenir à cette connoiſſance, M. *Bernoulli* obſerve, que ce point doit être ſtable, tandis que tous les autres du Siſtême & du levier ſont en mouvement ; que ce point eſt celui où toutes les parties muës ſont en équilibre ; & il démontre, que le centre de rotation, qu'il eſt queſtion de trouver, eſt le même que le centre d'oſcillation.

IV.

Lorſque j'objectai cette Théorie, à l'hypomoclion du Mât, placé au centre de gravité du Navire, je me croïois très-fondé. Quoique j'aie ſoumis l'application, que j'en faiſois au Tangage du Navire, au jugement de M. *Bouguer*, j'étois bien intimement perſuadé que j'avois raiſon, & j'ai été extrêmement ſurpris, que des Géomêtres l'aïent révoquée en doute. Quelque ſoin que j'aie pris, pour faire entendre mes preuves, & pour convaincre les plus opiniâtres, j'ai vû avec chagrin, que des

raiſonnemens ſolides, auxquels on ne pouvoit répondre, n'aboutiſſoient qu'à leur faire garder la neutralité entre le ſentiment de M. *Bouguer*, & le mien. Ce ſilence obſtiné me jetta dans une perplexité, qui me détermina à prendre la liberté d'écrire à un Savant, ſur le ſujet de la diſpute, pour lui demander ſon avis. La réponſe, dont il m'a honoré a été conforme à mes premieres idées : La voici.

Extrait d'une Lettre écrite à l'Auteur.

» Vous avez raiſon, Monſieur, de croire
» douteux le principe ſur lequel M. *Bouguer*
» établit ſa Théorie, en plaçant l'hypo-
» moclion du Mât (dans le cas du Tanga-
» ge) au centre de gravité du Vaiſſeau ;
» quant à moi, je regarde ce principe non-
» ſeulement comme douteux, mais com-
» me entierement faux ; car il eſt viſible,
» que le véritable endroit où doit ſe trou-
» ver l'hypomoclion, eſt au centre ſpontané
» de rotation, comme vous avez obſervé
» fort à propos ; la démonſtration que vous
» alleguez eſt ſans replique ; il eſt vrai,
» qu'il ſeroit difficile de déterminer ce
» centre, parce qu'il faudroit connoître le

» point dans le Mât où se concentre la » force mouvante ; car l'intervale entre ces » deux centres donneroit la longueur d'un » Pendule simple, dont les oscillations » seroient izochrones au balancement du » Navire : or c'est ce qui est démontré dans » la double solution de M. *Bernoulli*, depuis » la page 287. jusques à la page 293. du » Tome IV. de ses Oeuvres.

» *Post scriptum.* N'aïant point vû la » nouvelle Théorie de la Manœuvre des » Vaisseaux, que vous dites avoir donnée au » Public, je ne suis pas en état d'en ju» ger ; cependant je suis étonné, qu'il y » ait des Sçavans, comme vous assurés, qui » doutent de la vérité d'un principe aussi » clair que le jour.

V.

A cette objection, qui doit paroître maintenant à découvert, M. *Bouguer* a fait la réponse suivante.

» Le lecteur doit remarquer (Traité » du Navire p. 515. note 2.) qu'il ne » s'agit point ici (dans le cas où l'hypo» moclion est placé au centre de gravité » du Navire) d'oscillations ou de ba» lancemens, & qu'il n'en étoit pas plus » question dans mon Traité de la Mâture, » où je ne parlois de changement de

» ſituations de la part du Navire, que pour
» tâcher de les prévenir. Lorſque le Vaiſ-
» ſeau eſt expoſé à l'action de pluſieurs puiſ-
» ſances, c'eſt-à-peu près le même cas, que
» ſi pluſieurs perſonnes tiroient une régle
» à différens endroits & ſelon différentes
» directions. On ſçait bien que cette régle
» peut changer de ſituations ſur une infini-
» té de points ; mais il n'en eſt nullement
» queſtion lorſqu'on veut que la régle ne
» tourne pas ; & il ſuffit pour cela qu'il y
» ait un équilibre parfait entre l'effort de
» toutes les perſonnes, qui agiſſent enſem-
» ble. C'eſt ce que je tâche auſſi de faire à
» l'égard du Vaiſſeau.

Il ajoûte plus bas : » Lorſque je conſide-
» re chaque effort à part, je n'introduis ce-
» pendant pas moins l'équilibre par rapport
» au centre de rotation prétenduë, ou mê-
» me par rapport au centre de la Terre,
» que par rapport au centre de gravité du
» Navire. La raiſon en eſt évidente à tous
» les Lecteurs un peu verſés dans les Méca-
» niques. On rend ici l'équilibre parfait, c'eſt-
» à-dire on le rend tel, que généralement
» tous les efforts ſe détruiſent mutuelle-
» ment par leur égalité & oppoſition. L'ef-
» fort du vent contre les voiles, la réſiſtan-
» ce qu'éprouve la Prouë, la pouſſée ver-
» ticale de l'eau, la péſanteur même du

» Navire, toutes ces forces suspendent
» réciproquement leur effet : ainsi elles sont
» en équilibre à l'égard de tous les points
» imaginables. «

V I.

Par cette réponse, *que je transcris ici servilement*, l'Auteur de la Mâture prétend lever mon objection. Quant à moi, je crois sincerement, qu'on n'y satisfait pas du tout. On ne doit pas assurément me croire sur ma parole ; mais j'espere, qu'on ne trouvera pas mauvais, que je prouve ce que j'avance.

Je divise ma réplique en trois parties. Je me propose de faire voir : 1°. Qu'on ne répond point à mon objection, & qu'on s'écarte même des principes de la Théorie de la Mâture, que j'ai exposés dans le Paragraphe précédent ; 2°. Que l'équilibre prétendu, sur lequel on se retranche, n'existe point ; 3°. Qu'il est impossible, d'une impossibilité physique, qu'on ne sauroit vaincre, d'empêcher les balancemens du Navire, comme on prétend les prévenir.

Une si vigoureuse sortie, contre la réponse, qu'on a faite à notre objection, a besoin d'être bien soutenue : aussi l'est-elle ; & nous osons nous flatter d'avoir pour renfort des raisons assez fortes, pour secoüer entierement le préjugé.

§. IV.

La réponse de M. BOUGUER, est indirecte. Elle ne leve pas l'objection. Contrariété dans les sentimens de cet Auteur.

I.

APRE'S avoir admis la Théorie du centre ſpontané, l'Auteur de la réponſe ſoutient qu'elle n'a pas lieu dans le cas du Tangage du Navire ; & quoiqu'il diſe formellement, p. 3. de ſon Traité de la Mâture, que le centre de gravité doit être pris alors pour l'hypomoclion ; ſon ſentiment eſt qu'il ne tangue pas, c'eſt-à-dire, que ce centre eſt l'hypomoclion du Mât, non pas dans le cas du Tangage, mais dans le cas du Non-Tangage ; ce qui implique contradiction.

Je le dis comme je le penſe : je n'aurois jamais pû prévoir cette réponſe. C'eſt trancher net la difficulté : il n'y a rien à dire. Si le Vaiſſeau ne tangue point, la diſpute eſt terminée ; puiſqu'il ne s'agit ici que de

déterminer l'hypomoclion du Mât, dans le cas du Tangage. J'ai donc raifon alors de refufer le centre de gravité, pour point d'apui. On me l'accorde, c'eft tout ce que je demandois. Voyons maintenant comment on élude notre objection.

Il n'eft point queftion ici, felon M. *Bouguer, de balancemens ou d'ofcillations*; mais en eft-il queftion dans la Théorie citée de M. *Bernoulli*? Cet illuftre Géometre fait bien voir, que le centre de rotation eft le même que celui d'ofcillation : eft-ce que cela prouve que le Syftême balance? Afin que le centre de rotation ait lieu, il fuffit feulement que le Syftême incline, auffi peu qu'on voudra, & qu'il refte dans cette fituation, fi l'on veut.

II.

Soïons indulgens. Suppofons, que le Vaiffeau n'incline pas, & que les puiffances auxquelles il eft en proie le tiennent dans un parfait équilibre. Qu'arrive t'il delà? Lorfqu'on a conclu, que le centre de gravité du Navire eft l'hypomoclion du Mât dans le cas du Tangage, avoit-on fait encore mention de cet équilibre prétendu, qui eft le réfultat de la Théorie de la Mâture? Non. On a même attention avant que de l'établir, de recommander à la 5e. page

» De ne pas oublier de prendre toûjours le » centre de gravité du Navire pour point » d'apui, puisque ce centre sert véritable- » ment d'hypomoclion à toutes les puissan- » ces, qui tendent à faire tourner ou incli- » ner le Navire. «

Tâchons de ne rien oublier. Ajustons la réponse à cette proposition. On sait bien, dit l'Auteur, *que cette régle* (ou le Mât) *peut changer de situations sur une infinité de points*. Ceci ne me paroît pas juste. Le centre de gravité sert d'hypomoclion à toutes les puissances, qui tendent à faire incliner le Navire. Par la réponse, le Mât tend à tourner sur une infinité de points : Or s'il peut changer de situations sur une infinité de points, n'est-ce pas sur ces points particuliers, qu'il tend à tourner, quoiqu'on veuille qu'il ne tourne pas absolument ?

III.

Ce n'est pas tout : comme je ne connois point d'équilibre, puisque je ne suis encore qu'à la 5e. page du Traité de la Mâture, moi, Lecteur, je dis : voilà une proposition fausse. J'en renvoie la preuve à la Théorie du centre spontané de rotation, & je m'arrête à cet endroit.

Peut-être ai-je tort, que sait-on. Poursuivons donc notre Lecture, en convenant,

jusqu'ici, qu'il est faux, que l'hypomoclion du Mât soit dans le cas du Tangage au centre de gravité du Navire. (puisque l'équilibre n'est point encore établi) Je lis donc, & je trouve après avoir tout lû, que l'équilibre est parfait (en supposant que je l'adopte ou que je le conçoive) entre tous les points imaginables, c'est-à-dire entre le centre de la Terre & le centre de gravité. Cette connoissance me fournit cette réflexion. Si l'équilibre est parfait, entre ces points, pourquoi prendre plutôt pour hypomoclion, le centre de gravité du Navire que le centre de la Terre? Je crois d'abord, qu'il est indifférent de prendre l'un ou l'autre : mais cette pensée fait place à celle-ci. L'équilibre est parfait! dis-je. Le Vaisseau ne peut ni incliner ni balancer : d'où je conclus, qu'il single horizontalement : donc, je tire d'après notre Auteur, cette conséquence : le centre de la terre doit être l'hypomoclion du Mât. Ainsi je congédie sans retour le centre de gravité du Navire, qui postuloit cette place.

IV.

Je ne m'écarte pas des principes de notre Théorie. Je pense que j'ai démontré ce que j'ai promis : je dis démontré, parce qu'il n'est point d'expression plus forte. J'ajoûte cependant deux réflexions.

On admet la Théorie du centre ſpontané de rotation, & on poſe pour vrai : » Que » le choc du vent, tend à faire pancher » le Navire avec un moment d'autant » plus fort, que ſa diſtance au centre de gra- » vité, qui ſert de point d'apui, eſt grande. « Cette propoſition s'accorde t'elle avec la Théorie de M. *Bernoulli ?* En vérité peut-on concilier l'une avec l'autre ? Si la ſeconde eſt vraie, la premiére eſt fauſſe. Sans renvoyer le Lecteur au N°. 177 déja cité, on en jugera par la ſuite.

V.

La réponſe, que nous réfutons, ne porteroit pas à faux de toutes façons, ſi l'on n'eût tiré la conſéquence du centre de gravité pour l'hypomoclion, qu'après avoir établi l'équilibre qu'on nous oppoſe ; au lieu qu'il n'en eſt queſtion qu'à la fin de l'Ouvrage. Cela n'eſt pas douteux. Voici cependant quelque choſe de plus fort.

On nous donne gain de cauſe, ſi le Mât tourne, ſi le Navire incline, s'il change de ſituations. Le centre de rotation a lieu alors. Deſorte que faiſant voir, que le Mât ou la *régle* tourne, & qu'on prend toujours le centre de gravité pour hypomoclion, nous ſerons en droit de crier,

à la méprise, à l'erreur, on se trompe. Il n'y aura pas moïen de s'en dédire.

A cette fin nous pourrions avoir recours au Traité de la Mâture, où nous trouvons, que dans les routes obliques le Navire incline ; & qu'on est toujours dans le même sentiment. Mais nous avons quelque chose de plus sensible dans le *Traité du Navire*.

Qu'on lise de cet Ouvrage la IV. Section, Chap. III. p. 524. L'Auteur dit, en parlant du vent, pour faire incliner le Vaisseau : » L'effort que fait la voile, pour » faire incliner le Navire n'a pour hypo- » moclion ni le centre de gravité du Na- » vire, ni le *Metacentre* ; * mais le point de » concours des directions de l'axe de l'eau » sur la Prouë, & de la poussée verticale » de l'eau, qui s'exerce au centre de gra- » vité du Navire, lequel est exactement » au dessous du Metacentre dans la même » verticale «.

Il n'y a plus ici d'équivoque. Il est démontré dans ce même endroit, que lorsque les puissances ne se contre-balancent pas exactement, cet hypomoclion a lieu, c'est-à-dire lorsque l'équilibre est détruit.

* M. *Bouguer*, appelle ainsi, le terme de la plus grande hauteur du centre de gravité du Vaisseau.

Je le demande au Lecteur. N'eſt-ce pas ici le cas d'admettre le centre de rotation? On voit, que la *régle* ou le Mât tourne: donc il y a un centre de rotation. Je ne ſuis en cette conſéquence, que l'écho de notre Auteur.

Je puis hardiment avancer, ſans crainte d'être contredit, que le centre de gravité doit être maintenant rejetté pour hypomoclion, puiſque le Navire tangue: on en convient. Cependant, il peut arriver, que le point de concours qui ſert de point d'apui, ſoit au centre de gravité du Navire, & que ces deux centres ſe confondent, ſelon, ou que le Vaiſſeau ſera plongé, ou que ſa figure ſera différente. Dans ce cas, voici encore le même inconvénient. Le centre de gravité eſt alors l'hypomoclion, & par conſéquent un centre de rotation: ce qui implique, & ce qui ne s'accorde pas avec les principes de l'Auteur.

D'ailleurs, dès que le Mât tourne, on eſt convenu que la Théorie du centre de rotation a lieu: on doit donc l'admettre ici. Or ſelon cette Théorie, l'hypomoclion du Mât doit être un point fixe, qui ſert de centre à l'inclinaiſon du Navire, & non pas dans les directions des impulſions de l'eau, dont on n'a que faire. On néglige la force *d'inertie*, & c'eſt elle qui fait preſ-

que tout. Si l'on réfléchit là dessus, on verra que cette seconde méprise n'est qu'une suite de la premiere.

VI.

Tout ceci me paroît si clair, si précis, si décisif, que je ne crois pas devoir insister davantage. Je pense, qu'il est évident, que ce dernier article confirme ce que nous avons avancé sur la Mâture par rapport au point d'apui du Mât. Le Lecteur voit maintenant, que l'équilibre est détruit, & que le centre de gravité est toujours l'hypomoclion. Il y a plus. Comme c'est sur cet équilibre que l'Auteur de la réponse s'est retranché, aïant fait voir, que cet équilibre n'existe pas, & qu'il est toujours dans le même sentiment, nous avons fait un argument *ad hominem*, qui prouve, qu'on ne leve point notre difficulté; que les principes établis dans le Traité de la Mâture, & dans celui du Navire, sont très-douteux, & pour parler en Géomêtre, faux.

§. V.

L'effort du vent ſur les Voiles, l'impulſion de l'eau ſur la Prouë, ne peuvent ſuſpendre le Vaiſſeau, & le tenir en équilibre.

I.

UN fondement ruineux, ne peut qu'entraîner de mauvaiſes ſuites. Il étoit preſque impoſſible, que le centre de gravité du Vaiſſeau établi pour hypomoclion ne fût pas tel, ſans que les conſéquences, qu'on en a en quelque ſorte déduites, ne fuſſent chancelantes. Delà cet équilibre, qu'on nous a oppoſé, ſe trouve malheureuſement ſuſpect̄é, & cela par ſon propre fond, & en ſuivant toujours les principes de la Théorie que nous examinons. Je ne prétends pas faire un procès en l'air à cet équilibre : voici naturellement le ſujet de ma plainte.

Dans le Traité de la Mâture on poſe pour vraies ces trois propoſitions. (§. II. 1.)

La principale force qui s'oppose à l'impulsion du vent) tandis qu'il travaille à faire tanguer le Navire) *est l'impulsion de l'eau , sur la Prouë ;* 2°. L'effort composé du vent & de l'eau tire le Navire dans *le sens de la route*, Lorsque la *marche* du Navire s'accélére ; 3°. L'impulsion du vent & celle de l'eau réunies, décomposées en une, c'est-à-dire la diagonale du dernier parallélograme est *verticale au Vaisseau*, lorsqu'il cingle avec une vîtesse uniforme. Le savant M. *Bouguer* me paroît être tombé ici dans trois méprises.

II.

Depuis quand l'impulsion de l'eau sur la Prouë d'un Navire s'oppose-t'elle à son inclinaison ? Tous les Mécaniciens, les *Bernoullis*, les *Euler*, les *Parent*, les P. *Hoste*, disent & démontrent le contraire. Selon eux, c'est la poussée verticale de l'eau, qui agit à mesure que le Navire ou le corps plongé incline. En effet, peut-on concevoir, qu'une impulsion horizontale contre-balance un effort vertical, si ce n'est par un frotement ? Le principal effort se fera toûjours dans une direction opposée au mouvement du corps, & c'est cette force qu'on doit considérer.

III.

A Dieu ne plaiſe, que je penſe, que mon illuſtre Adverſaire ſoit là-deſſus d'un ſentiment différent. J'interprête mieux ſa propoſition. Si le Navire incline, la pouſſée verticale de l'eau s'oppoſera alors à l'inclinaiſon du Navire. Cela eſt inconteſtable. Mais qu'a-t-on affaire de cette pouſſée, ſi le Navire n'incline pas ? Il eſt prouvé, que les impulſions de l'eau ſur la Proüe & du vent ſur les voiles, tirent le Vaiſſeau dans *le ſens de la route ;* & cela ſuffit.

Qu'on y prenne garde. On convient, (& j'en convaincrai dans la ſuite le Lecteur) que le centre du mouvement du Navire eſt un centre de rotation. Enſorte que l'extrémité élevée du Mât ne peut pas décrire quelque arc en avant, que l'autre extrémité n'en décrive un autre en arriere. D'où je conclud, que dans l'inſtant du choc du vent ſur la voile, l'impulſion de l'eau ſur la Proüe ne s'oppoſe pas à l'inclinaiſon du Navire ; puiſque bien loin que la Proüe s'appuie ſur l'eau elle s'en éloigne. La premiere force, qui s'oppoſe à l'effort du vent, eſt non-ſeulement la pouſſée verticale, mais l'impulſion de l'eau ſur la Poupe ; de façon que ſi ces deux forces peuvent faire équilibre à cet

effort, le Navire n'inclinera point du tout; je dis plus, il ne sillera point. Car il est impossible, qu'un Vaisseau single s'il n'incline, s'il ne tangue. Je prouverai ce que j'avance. En attendant, je ne dois pas omettre une force, qu'on néglige ici absolument & qui fait beaucoup : c'est la force *d'inertie*. Cependant elle est un grand obstacle, à la puissance, qui tend à faire incliner le Navire: En général on ne doit jamais la perdre de vuë dans le mouvement des corps.

IV.

C'est assez d'avoir prouvé, que la principale force, qui s'oppose au Tangage du Navire, n'est point l'impulsion de l'eau sur la Prouë, afin que l'équilibre soit anéanti & que les forces auxquelles le Vaisseau est en proie, ne puissent se contrebalancer. Nous avons encore outre cela deux doutes à proposer.

Lorsque l'Auteur de la Mâture veut, que la diagonale NT soit verticale, il prétend, que le Vaisseau est tiré selon cette direction. Quelle raison a-t'on pour refuser ce privilége à la diagonale Nt ? Si on l'accorde, la Prouë inclinera. Prolongeons Nt jusques en E. Le Vaisseau est tiré par un point éloigné du centre de gravité de la *Carer-*

du côté de la Poupe ; par conséquent, selon les principes de l'Auteur, la Prouë doit tanguer. Si au contraire on refuse à cette diagonale ce privilége, quel droit a-t'on de donner cette prédilection à la traction verticale NT ?

V.

Nous ne la contestons point cette traction. Seulement nous doutons fort, que la diagonale du dernier parallélograme puisse jamais être verticale au Navire.

On sait, c'est une vérité connuë de toutes les personnes, qui sont un peu versées dans les Mécaniques, que quand le sillage du Navire est uniforme, l'impulsion de l'eau sur la Prouë, est égale à l'effort du vent sur les Voiles. Cela posé, qu'est-ce qu'on pourra répondre, si je fais voir, que la fin de l'accélération de la marche du Vaisseau ne peut pas être une preuve, que la réunion du vent & de l'eau (des impulsions) est verticale ; que si cela étoit, il faudroit, que la résistance de l'eau sur la Proue devînt beaucoup plus grande, que l'effort du vent sur les Voiles ? Ceci est soutenu d'une démonstration, & d'une démonstration géométrique.

La traction NT ne peut pas être perpendiculaire à la situation horizontale DH du

Navire, que la ligne NT ne ſoit perpendiculaire ſur KS parallèle à DH : le triangle NTP eſt donc rectangle en N ; donc PT, qui en eſt l'hypothénuſe, & qui repréſente l'effort de l'eau ſur la Prouë, eſt plus grand, que le côté PN, qui exprime celui du vent, ſur les voiles. Cela eſt clair comme le jour. Il ne reſte donc qu'à conclure, que la diagonale NT ne peut jamais être verticale. C. Q. F. D.

On ſera peut-être ſurpris, que des vérités ſi ſimples ayent été ignorées. Je ſerois moi-même effrayé de l'évidence de ces propoſitions, ſi je n'étois convaincu, qu'il ne faut ſouvent qu'une mépriſe pour en ſuggerer pluſieurs autres. Encore, ce n'eſt pas là tout ce que j'oppoſe à cet équilibre. Nous allons examiner des raiſons plus phyſiques & qui dépendent du fond même de la matiére, qu'on n'a pas encore dévelopé. La fin de la réponſe de M. *Bouguer* conſiſtoit à prouver, qu'on prévenoit les balancemens du Navire ; mais nous en allons voir l'impoſſibilité, & en même tems la cauſe phyſique de ces balancemens inconnus juſques aujourd'hui.

§. VI.

Quelle est la Cause Physique du Tangage du Navire: Il est impossible de le prévenir.

I.

ON nous a beaucoup parlé jusqu'ici de balancement, de Tangage, d'oscillation du Navire, & on ne nous en a fait encore connoître que le nom. On prétend détruire efficacement un effet, & on ne remonte pas à sa cause. Nous ignorons celle du Tangage, lorsque nous devons savoir qu'il est anéanti.

Le hazard auroit-il pû seconder l'intention des personnes, qui nous parlent ainsi? Cela pourroit être; mais nous devons sagement en douter; & nous instruire de ce qu'il nous est permis d'en croire.

Par le mot de *Tangage*, on entend *Balancement* tout simplement dans le sens de la longueur du Vaisseau. Ainsi de quelque façon qu'un Navire balance dans ce sens, il tanguera; & il peut balançer par trois causes

différentes; 1°. Par une force, qui fera incliner le Navire, & qui le livrera après à lui-même, comme si plusieurs personnes de l'Equipage s'avançoient vers la Proue du Navire & qu'elles vinssent ensuite du côté de la Poupe; 2°. Par les *Houles* en le supposant amarré, ou même cinglant dans une Mer agitée; 3°. Par le choc du vent sur les voiles. Il y a encore un balancement, auquel le Vaisseau est sujet, qui est paralléle à l'horizon. Il se manifeste lorsqu'on charge & qu'on décharge successivement le Vaisseau.

A le prendre à la rigueur, ces Tangages & sur-tout le deuxiéme sont du ressort de la Mâture, quoiqu'on n'ait eû encore égard qu'à celui, qui provient du choc du vent sur les voiles. Il faut convenir néanmoins, que ce dernier en est l'objet principal, & c'est celui que nous avons ici en vûe; parce que c'est le seul dont la cause soit cachée, & le seul dont on veuille parler. Il est donc question de le connoître, & de savoir si on peut en prévenir l'effet.

II.

Quelle est donc la cause Physique du Tangage? la voici: Le vent fait ou tend à faire incliner le Navire, & le vent n'est

autre chose qu'un air agité. Or l'air étant un fluïde élastique, ne peut produire son effet tout d'un coup & dans un instant indivisible ; c'est-à-dire, qu'un choc agit, ensuite un second, puis un troisiéme, un quatriéme &c. Mais il y a toûjours un intervalle entre l'un & l'autre choc, quoique très petit. La raison de cela est, que l'effet du vent est successif, & non pas continu. Ces chocs agissent sur les Voiles, jusques à ce qu'ils aïent surmonté la résistance de l'eau, qui s'oppose au mouvement du Navire & qu'un certain nombre de chocs ait réparé le dégré de vitesse, que cette résistance avoit absorbé à sa masse totale. On appelle ces chocs ainsi réitérés *Bouffée*.

III.

Il faut donc une Bouffée, pour faire plonger la Prouë du Navire. Après son action, la force d'inertie, l'effort de l'eau sur la Prouë, la poussée verticale de l'eau, qui a quitté celle du centre de gravité, agissent & le soulevent. Alors une seconde Bouffée vient, qui le fait enfoncer de rechef ; & cette Bouffée cessant tout d'un coup, la Prouë est soulevée & la Poupe replonge ; jusqu'à ce qu'une troisiéme Bouffée vienne à faire replonger la Prouë,

ainsi de suite. De sorte que le Vaisseau cingle en balançant, quelque calme que soit la Mer; parce que n'étant poussé que par secousse, il ne sauroit se mouvoir autrement. Examinons ceci de plus près par rapport à la décomposition des forces.

IV.

Une Bouffée agit, alors la Prouë incline; l'effort de l'eau sur la Prouë souleve (je néglige la poussée verticale) selon la direction DR cette même Prouë, qui étoit plongée; mais elle ne rencontre point le vent selon la direction SK; puisqu'il a cessé pour faire place à une seconde Bouffée. Elle travaille donc toute seule à redresser le Mât & le Navire. Pendant ce tems, qui est très-petit, une seconde Bouffée vient lorsque l'eau n'agit plus & qu'elle a soulevé le Navire. Elle en fait encore replonger la Prouë. L'effort de l'eau la fait une seconde fois remonter & baisser la Poupe, &c. C'est ainsi que le Navire balance; & on voit bien, que le vent ne peut jamais rencontrer l'impulsion de l'eau, pour se décomposer.

V.

Je suis bien trompé, si l'on ne répond

à cela, que lorſque la premiere Bouffée tend à faire incliner le Navire, l'impulſion de l'eau ſur la Prouë s'oppoſe à cette inclinaiſon : elle l'empêche, elle ſe décompoſe avec le vent, pour ſoulever le Navire, qui ne tangue point. Suppoſé qu'on me faſſe cette réponſe, je repliquerai celle-ci. Quand le parallélograme, que doivent former les impulſions du vent & de l'eau, commence à paroître, il eſt détruit par l'effet ſucceſſif du vent. Ainſi, ſi la diagonale de ce parallélograme avoit lieu, le Navire ſeroit ſoulevé dans le premier inſtant, & il retomberoit dans le ſecond ; dans le troiſiéme, ſoulevement & chûte de la part du Navire ; de ſorte que le Navire danſeroit pour ainſi dire ; & ſi le vent étoit extrêmement rapide, cette danſe donneroit des ſecouſſes aux Marins, telles qu'on n'en a jamais éprouvé, & qui roient peut-être auſſi dangereuſes, que celles qu'on veut prévenir. Il y auroit cependant un Tangage parallèle à la Carene du Vaiſſeau.

VI.

Pour répondre à tout ; ſi l'effort de l'eau ſur la Prouë a empêché, que le Navire inclinât, pourquoi cet effort n'empêchera-t'il pas qu'il ne ſille ? D'ailleurs, de quel-

que façon, qu'on veuille le concevoir, l'effort de l'eau sur la Prouë feroit reculer le Navire dans l'intervalle des Bouffées. Le Navire avanceroit donc un instant & reculeroit l'autre. Ou bien, puisque le Vaisseau n'auroit pas encore perdu sa situation horizontale, l'effort de l'eau, à cause de la saillie de la Prouë, la souleveroit, & la Bouffée qui viendroit après la feroit incliner. Et voilà toujours, de quelque façon qu'on considére la chose, un Tangage, qu'il est impossible de prévenir.

VII.

Un Savant, à qui j'ai communiqué ces observations, craignit d'admettre l'effort successif du vent sur les voiles, & me fit une objection, que j'ai crû devoir placer ici.

Je fais réflexion, me dit-il, au mouvement d'une Barque traînée par un Cheval, qui trote uniformement le long d'un Canal ou d'une Riviere ; & je remarque, que la Barque fait route, sans balancer, en direction d'une ligne droite : or l'effort du Cheval représente celui du vent sur les voiles, & son effet doit être le même.

Cette comparaison cloche. Le trot du Cheval n'imitera jamais le choc du vent.

Que le Cheval aille son pas, qu'il trote, qu'il galope, la traction est toujours la même (abstraction faite de la vîtesse.) Le Cheval dans sa marche tire la Barque avec un effort continu & dans des instans indivisibles; au lieu, que le vent n'agit que par chocs & par bonds.

On pourroit admettre cette comparaison, si le Cheval, après avoir fait un effort capable de faire avancer la Barque, reculoit sur le champ, comme fait l'air par son ressort dans un instant, afin de laisser agir l'eau, qui la souleveroit, c'est-à-dire, qu'il avançât un instant, & qu'il reculât l'autre. Par ce moïen, le premier effort du Cheval feroit plonger la Barque, qui se redresseroit dans l'intervalle de celui-ci avec le second. La Barque balanceroit alors, comme le Navire poussé par le vent. Ainsi la force du vent étant toujours la même, on voit bien, qu'il n'y a qu'un seul point dans le Mât dont la vîtesse soit uniforme & en direction d'une ligne droite; que ce point par conséquent est le centre spontané de rotation, où il faut placer l'hypomoclion du Mât. Ceci confirme la vérité de notre objection, & doit faire connoître, qu'il est impossible de la lever.

C'est en vain, que l'esprit & le savoir se liguent pour soûtenir une mauvaise cau-

se. La vérité a toujours le dessus. Je me flatte d'y avoir satisfait par ma réplique. Nous allons examiner de nouveau le mouvement du Vaisseau dans le cas du Tangage, & dans celui où le vent ne peut le faire filler, afin de convaincre entierement le Lecteur, & de le mettre en état de juger de la solidité de nos nouveaux principes.

§. VII.

L'hypomoclion du Mât, soit que le Vaisseau tangue, ou qu'il ne tangue point, n'est pas au centre de gravité du Vaisseau. Le centre de rotation est le même que celui d'oscillation.

I.

LORSQUE le Vaisseau est en repos, il est suspendu sur l'eau par deux forces ; 1°. Par sa masse totale, qu'on peut supposer réunie à son centre de gravité, par la verticale duquel il tend au centre des graves ; 2°. Par la poussée de l'eau, qui agit dans un sens contraire. Ces deux for-

ces sont égales & dans la même direction, & se contrebalancent exactement. Delà il est évident, qu'on peut considérer un Navire à l'eau, comme un corps suspendu par son centre de gravité ; & ce qu'on peut dire de l'un s'applique naturellement à l'autre.

II.

En supposant un corps suspendu en repos, il est certain, que toutes les parties de ce corps seront en équilibre autour du centre de gravité, qui tend continuellement au centre de la Terre, par une direction verticale. Si le corps change de position, par rapport à cette direction, il perd son parallélisme, & le mouvement, qu'il reçoit, trouve une résistance contraire à cette nouvelle direction.

Soit un corps OQ (*fig.* 2.) suspendu par son centre de gravité G ; CL la direction par laquelle il tend à descendre au centre de la Terre. Imprimons-lui un mouvement de bas en haut sans nous écarter de la verticale CL. Nous aurons à vaincre l'inertie des parties, qui s'opposent à cette traction, dans une direction opposée à celle de la force motrice.

III.

Faiſons mouvoir ce corps différemment ; enſorte que ſa ſituation ne ſoit plus la même par rapport à la verticale CL, & que le corps inlcine. Si l'inertie de ſes parties s'exerçoit dans ſon centre de gravité, le corps reſteroit dans cet état, & ne feroit d'autre effort que de tendre au centre de la Terre dans cette ſituation. Cette indifférence de reſter dans cet état, ou dans l'autre, ſeroit encore plus ſenſible, ſi ſon centre de figure étoit préciſement le même que celui de gravité, & que le corps fût ſuſpendu par ce centre.

On comprend, ſans doute, qu'un pareil corps eſt un globe, dont la matiére eſt homogene & uniformément denſe, ou dont les parties, quoique non uniformément denſes, ſont diſtribuées de façon, que leur centre d'inertie tombe toujours dans ſon centre de figure. Tout autre corps retourne, lorſqu'il eſt incliné, avec un moment d'autant plus fort, que l'angle de ſon inclinaiſon eſt grand ; & ſon centre d'inertie, qui agit alors, hors le centre de gravité du corps, le fait balancer, juſques à ce qu'il ſoit confondu avec ce dernier.

IV.

IV.

Cela posé, il est manifeste, que lorsqu'on veut faire perdre à ce corps son parallélisme, toutes ses parties résistent à cette irruption, par leurs masses multipliées par leur distance particuliere, au centre de gravité. Divisons donc le corps en de petites parties M, N, P, Q, R, S, &c. Exprimons par D, E, F, G, H, I, K, &c. leur distance particuliere au centre de gravité. Nous aurons pour l'énergie de ces parties, ou pour l'effort avec lesquelles elles persistent dans leur état de parallélisme. $S(M \times D, + N \times E, + P \times F, + Q \times G + \&c.)$

V.

Considérons maintenant le corps comme n'aïant point encore reçû de mouvement d'oscillation ; mais prêt à le subir. Avant cet instant, l'effort de ses parties étoit celui, que nous venons d'exprimer. Dès qu'on leur imprime un mouvement, elles acquierent une force, pour s'y opposer, proportionelle au quarré de la vîtesse imprimée. Il y a ici deux différentes forces; celle avec laquelle le corps persiste à garder son parallélisme, qu'on peut appeller

effort de permanence ; & celle avec laquelle il résiste au mouvement, qui peut être nommé *effort d'irruption.* Ce second effort est plus grand que le premier.

Nommons *a* la vîtesse initiale, que toutes les parties reçoivent, c'est-à-dire l'excès de la force motrice sur celle de permanence que nous appellerons *b.* Cette vîtesse sera proportionelle à leur distance au centre de mouvement, qui ne peut plus être la même qu'elle étoit dans l'état de permanence. Et comme la force d'inertie des parties est exprimée par le produit de la masse, par le quarré de la distance au centre du mouvement du corps ; puisque celle-ci est toujours la même, & que dans le cas l'expression de l'inertie doit être plus grande, il est tout simple de conclure, que le centre d'inertie ne sera plus au centre de gravité, & par conséquent celui-ci ne sera point le centre de mouvement, car cette distance doit-être proportionelle à *a* vîtesse initiale. Pour trouver donc le centre d'oscillation d'un corps, il n'y a qu'à trouver un point, ou un centre, qui sépare la quantité de mouvement de ses parties en raison composée des vîtesses & de leur distance à ce centre, réciproquement proportionelles à ces mêmes vîtesses.

VI.

Sans nous arrêter à donner ici la régle, qu'il faut faire pour avoir ce centre, nous nous bornerons à obſerver, que ce que nous diſons ici, pour le centre d'oſcillation, nous pouvons nous en ſervir, afin de faire voir, que l'hypomoclion du Mât, dans le cas du Tangage, n'eſt pas au centre de gravité du Navire ; puiſqu'il eſt démontré que l'inertie, que ces parties oppoſent, eſt proportionelle au quarré de la vîteſſe initiale, qu'elles reçoivent, & cette viteſſe à leur diſtance au centre de mouvement. Rendons ceci plus ſenſible. Je nomme f la puiſſance, qui agit pour mettre le corps en mouvement; a le bras du lévier par lequel elle exerce ſon effort; x la diſtance du centre de gravité au centre du mouvement, qui ſera égale à o s'il n'y en a point, & égale à quelque choſe s'il y en a une. On ſait déja, que la réſiſtance qu'oppoſe chaque partie eſt $S(M \times D, + N \times E, + P \times F, + Q \times G + \&c.) = S \times x$ en appellant S la ſomme abſoluë de tous les corps. On aura donc dans l'état d'équilibre $fa = S \times x = \frac{Fa}{S} = x$, ce qui fait voir que x bien loin d'être $o =$ l'effort de la puiſſance diviſée par la ſomme des corps. Et ſi $S = f$, on aura $x = a$. Ainſi

quand même le Navire ne tangue point ; il est toujours faux, que le vent le fasse incliner avec un moment d'autant plus fort, que sa distance au centre de gravité est grande ainsi que la crû M. *Bouguer*.

VII.

On démontre, que le centre de rotation est le même que celui d'oscillation, en faisant évanouir les bras du lévier, & en mettant la puissance & les poids dans la même direction. L'effort, que les parties du Navire ou du corps opposent, est selon les Loix ordinaires de la Dynamique (en nommant c la distance particuliere d'une partie au centre de mouvement d la seconde e la troisiéme ainsi de suite).

$$\frac{c^2 \times M, + d^2 \times N, + e^2 \times P, + \&c.}{(a + x)^2} = S x x +$$

la somme de toutes les parties multipliées par leur distance au centre de gravité divisées par $(a + x)^2$ qui doivent être placées à un tel point que, les obstacles, qu'elles opposeront, soit un *minimum*. Il n'y a donc qu'à prendre la difference de $x\,x\,S$ + &c. qui étant égalée à zero & la réduction étant faite donne

$$x = \frac{c^2 \times M, + d^2 \times N, + e^2 \times P, + \&c.}{a S}$$

Ce qui fait voir que le centre de rotation est le même que celui d'oscillation. (*V. M. Bernoulli*, P. 270. T. IV.

§. VIII.

Des différents effets du vent sur le Navire, suivant la disposition de sa charge.

I.

LES vrais principes sont toujours fertiles en conséquences : celui-ci en fournit plusieurs. 1°. Les oscillations du Navire seront en raison inverse des racines du vent; (en supposant que le centre de rotation ne change point) 2°. comme celles des longueurs; 3°. en raison inverse des masses. Et enfin, lorsque toutes ces choses varieront, le nombre des oscillations sera en raison composée de la raison directe des racines des longueurs, de l'inverse des racines des masses, & de celle des racines du vent. Ces conséquences sont demontrées. Ce sont ici les Loix ordinaires du Pendule.

Ces régles supposent, que le centre de rotation ne change point. Cette supposition est fausse; & si nous voulons y avoir égard, comme nous le devons, il faut revenir sur nos pas.

II.

Considérons un Navire, qui balance lorsque le vent vient à augmenter. Cet accroissement de force imprime à chaque petite masse du Navire un degré de plus de vîtesse, qu'on peut regarder comme initiale, & par conséquent, leur distance au centre de mouvement, qui est toujours proportionelle à ces vîtesses, doit-être plus grande : donc le centre de rotation est plus élevé & le Pendule est plus court. Que s'ensuit-il ? Puisque le Pendule est plus court, & que cette diminution croît en même raison que l'augmentation du vent, il est évident, que le nombre des vibrations augmentera en raison des racines des deux longueurs, (Art. 1.) c'est-à-dire, dans ce cas en raison des racines des efforts du vent, ces longueurs étant ici en raison de la force du vent.

Il paroît par-là, que lorsque le vent augmente, les oscillations devroient être plus fréquentes, parce que le Pendule ou la distance du centre de l'effort des voiles à l'hypomoclion est plus courte. Mais, si le nombre des oscillations est plus grand, parce que le Pendule est diminué, il doit être aussi d'un autre côté moindre, le Pendu-

le étant agité par une plus grande force, & cette diminution est en raison des racines des efforts du vent. De sorte qu'on perd d'un côté, ce qu'on gagne de l'autre. Le nombre des oscillations doit donc être toujours le même. Il arrive pourtant un changement dans le mouvement du Navire ; & cet excès de force de la part du vent doit produire quelque effet.

III.

L'effort du vent ou la cause motrice est plus grande, & la longueur du Pendule est moindre. Avec tout cela, nous savons, que les oscillations doivent être en même nombre dans un même tems. L'arc, que l'extrémité du Mât décrit alors, doit être plus grand, afin que les oscillations soient toujours isochrones : l'effet du vent doit donc produire une plus grande inclinaison, & faire plier davantage le Navire sous les voiles. C'est ce qu'on a reconnu lorsque le vent augmente.

IV.

Les Marins, pour remédier à cet inconvénient, ont recours ordinairement à un moïen : c'est de mettre des Piéces d'artillerie au fond de cale, ou de charger plus

bas le Navire ; & comme s'ils étoient instruits de nos principes, ils pensent, qu'en allongeant le Pendule (ou la distance du centre de l'effort des voiles au centre de mouvement) l'arc, qu'il décrira, sera moins grand & de-là l'inclinaison du Navire. Il résulte cependant de ce changement un effet, qui ne paroît pas naturel. Les oscillations du Vaisseau, au lieu d'être plus lentes, sont au contraire plus promptes. Quelle peut-être la cause de cette contrariété ? Ceci mérite attention.

V.

Jusqu'ici nous avons supposé, que les oscillations du Navire se faisoient dans un milieu non résistant. On a déja remarqué, que cette supposition n'est pas admissible par rapport à l'air & que suivant les cas il est très-important d'avoir égard à la résistance, qu'il oppose. Si cette résistance fait beaucoup au mouvement du Pendule, que ne doit pas faire l'eau, qui est 576. fois plus dense ? Déja on doit sentir qu'elle est la cause, que nous cherchons.

On l'a dit : plus le Pendule est court, plus la rotation est grande : mais plus la rotation est grande, plus le Navire sort de l'eau ; parce que la Poupe est plus soulevée;

de façon qu'il trouve alors moins de réſiſtance à vaincre, & l'effet du vent en eſt moins retardé.

Lorſque le Pendule eſt plus long, le Navire eſt moins ſoulevé, & la réſiſtance, qu'il trouve alors dans ſes oſcillations, eſt plus grande, non-ſeulement, parce qu'elles ont un plus grand volume d'eau à déplacer; mais encore parce qu'elles trouvent une réſiſtance proportionelle au quarré de la vîteſſe imprimée au Navire.

D'où il ſuit, que l'obſtacle étant plus grand, une partie de l'effort du vent en ſera abſorbée : donc l'arc, que le Mât doit décrire par la rotation ſera moindre. Les oſcillations ne ſeront point ainſi iſocrones aux précédentes : elles ſeront de moindre durée.

VI.

Cette connoiſſance annonce en quelque ſorte, celle que nous cherchons à nous procurer. Nous venons de laiſſer à part l'effort du vent abſorbé par la réſiſtance de l'eau. Cet effort fait ici beaucoup. Il rend le choc du Navire plus violent, qui par réaction le repouſſe avec plus de force. Or ce choc produit un effet, qu'on ne doit pas paſſer ſous ſilence.

Une Bouffée agit, le Navire eſt pouſſé

& repoussé avec violence sur le devant. Dans ce tems-là vient une seconde Bouffée, qui, pour pousser le Navire en arriere, a encore le mouvement contraire imprimé par l'eau à vaincre : d'où il se forme à chaque instant des secousses, qui tourmentent le Navire. Une autre raison contribuë à les rendre plus fréquentes. La Poupe aïant une saillie en dehors, le centre d'effort de l'eau, lorsqu'elle est plus plongée, se trouve plus élevé, & cela à un point où la saillie est plus grande.

Qu'arrive t'il ? L'eau poussant la Poupe, selon une ligne, qui lui est perpendiculaire, la souleve davantage qu'elle ne l'auroit soulevée si elle avoit été moins plongée. Ce soulevement fait incliner la Prouë, qui, posée obliquement sur la Quille, est relevée avec plus de force. Pendant ce mouvement, une autre Bouffée pousse la Poupe dans un sens contraire à celui, que le choc de l'eau sur la Prouë lui a fait prendre. Elle accélere la tourmente du Navire; ensorte que si cette accélération augmente à un certain point, les deux efforts consécutifs sur la Prouë & sur la Poupe souleveront le Navire, & lui feront faire *Capot*. Une charge au fond de cale trop considérable produit cet effet. Le Pere *Hoste*, rapporte, qu'un habile Commandant en fit de

ſon tems la triſte expérience. Nous allons rendre ceci plus clair & plus ſenſible, en expliquant de quelle maniere le Vaiſſeau cingle en balançant.

§. IX.

Comment un Vaiſſeau balance & cingle en même tems. De la cauſe de ce dernier mouvement. Principes généraux & Plan d'une nouvelle Théorie de la Mâture.

I.

ON a crû juſqu'ici, que le vent faiſoit cingler le Navire. On a eû raiſon & on a eû tort. Le vent eſt bien la cauſe premiere du mouvement du Vaiſſeau ; mais c'eſt l'eau qui le fait avancer, & c'eſt par ſon action qu'il fait route. J'avance peut-être un paradoxe, & je vais prouver une vérité.

Le vent tend à faire tourner le Mât au pied duquel le Navire eſt comme attaché. Le vent tend donc & fait même reculer le Vaiſſeau, bien loin de le faire avancer.

Ce n'eſt donc point par ſon effort, qu'il fait route, dans une direction oppoſée à celle du vent. Au contraire : s'il étoit poſſible, que le Vaiſſeau fût ſuſpendu ſur un fluide infiniment fluide, infiniment diviſible, non réſiſtant, une ſeule Bouffée le poufferoit dans un ſens contraire à ſa direction. Cela eſt certain & démontré.

Par l'action du vent, la Poupe eſt choquée, & par réaction (après l'effet de la Bouffée) repouſſée. Cette réaction égale à l'action, fait cingler le Navire en même tems qu'il balance. On ſait, que les premieres Bouffées ſont accélérer la marche du Navire, juſques à ce que ſa vîteſſe ſoit parvenuë à un tel point, que la réſiſtance de l'eau faſſe équilibre à toutes les Bouffées, & qu'elle s'oppoſe avec la même force à leur effort, qu'elles ſont impreſſion ſur le Vaiſſeau. En vertu de ce dernier mouvement acquis, le Navire fait route avec une vîteſſe uniforme, & ſes oſcillations ſont alors iſochrones.

II.

De cette vérité il en naît deux autres. 1°. Un Vaiſſeau ne peut faire route horizontalement, comme M. *Bouguer* l'a avancé. 2°. Plus un Vaiſſeau eſt long, ou plus ſa charge conſidérée dans la longueur du

Navire eſt éloignée du centre de gravité, plus l'effort du vent doit être grand pour le faire ſiller. La diſtribution de la charge ne ſauroit être trop bien ménagée à cet égard. En chargeant trop vers la Prouë & vers la Poupe, difficilement le Navire prend mouvement de rotation, & par réaction il en cingle moins. Si l'on reſſerre la charge vers le centre de gravité, on riſque, que le Vaiſſeau plie trop ſous les voiles; parce qu'il réſiſte moins à l'effort du vent. Il eſt donc très-important de ſavoir prendre un juſte milieu. Voilà pour *l'Arrimage* de Prouë à Poupe.

III.

Il ne ſuffit pas de bien diſtribuer la charge ſelon la longueur du Navire: il faut encore avoir attention à ſa hauteur. Car, il eſt viſible, par les principes établis, qu'il eſt également dangereux de charger le Vaiſſeau trop bas & de le charger trop haut. L'un & l'autre excès eſt très-nuiſible. On a à craindre d'un côté le *capot*, & de l'autre un Rouli trop rude.

IV.

Il y a tout à ménager dans l'Arrimage. Il eſt évident, que c'eſt lui, qui régle & la marche & le Tangage du Vaiſſeau.

Suivant notre Théorie, il faudroit varier la diſtribution de la charge, ſuivant les diverſes circonſtances. Ce ſeroit là un grand embarras. Mais comme cette diſtribution doit ſe régler ſuivant les différens efforts du vent, pour s'épargner cette peine, il n'y a, qu'à régler ſes efforts ſuivant la diſtribution ; ce qui fera le même effet ; & on jouïra par-là des mêmes avantages, que ſi l'on bouleverſoit toute la charge du Navire. Il eſt vrai, que dans différens cas, cas extrêmes, lorſque ces moïens ne pourront pas ſuffire, on aura recours à l'autre.

V.

Nous ne nous propoſons pas de déveloper les régles, qu'on doit ſuivre, la force du vent étant connue, la diſtribution de la charge d'un Vaiſſeau, ainſi que ſon poids, pour rendre le mouvement du Vaiſſeau le plus propre à bien ſiller, & le moins dangereux par le Rouli & le Tangage. C'eſt-là le plan d'une partie de la Théorie, que nous méditons. Nous nous contenterons de poſer ici en attendant quelques principes généraux, qui ſeront utiles.

1°. *Plus un Navire eſt long, plus il eſt peſant de Voiles* (en ſuppoſant ſa charge toujours également diſtribuée.)

2°. *Plus le centre de gravité du Vaisseau est élevé, plus il plie sous les Voiles. Moins il est élevé plus il tourmente.*

3°. *Plus un Navire est chargé, plus il porte de Voiles ; en raison, comme on a vû, des racines des masses, selon les Loix du Pendule.*

4°. *Plus le vent est violent, plus le Vaisseau plie sous les Voiles ; en raison des racines de la force du vent .... &c.*

VI.

En attendant que nous dévelopions ces principes, les Marins peuvent en faire usage. Lorsque le Vaisseau pliera trop sous les Voiles, il n'y aura qu'à le charger plus bas ; descendre au fond de cale, quelques marchandises ou quelques Pieces de Canon; ou ce qui vaut peut-être mieux, abbaisser le centre d'effort des Voiles, ou diminuer leur surface. Lorsqu'il tourmente trop, faire le contraire. Si l'on veut accélérer le sillage, il faudra réunir la charge au centre de gravité du Navire, supposé, qu'il ne plie pas trop par l'effort du vent ; & si cela est on éloignera alors les parties de la charge de ce centre. Ainsi toute la science d'une partie de la Mâture se borne à savoir prendre un juste milieu, entre plier trop & ne plier pas assez.

VII.

Après ces considérations, on ne sera plus étonné sur Mer, de voir le changement considérable, soit dans les oscillations, soit dans le sillage du Navire, que produit le moindre dérangement, que l'on peut faire à la distribution de sa charge; & s'il ne faut souvent à un Vaisseau fin de Voiles, que le mouvement, ou le changement de lieu de quelques personnes de l'Equipage, pour le faire ou siller, ou balançer davantage. L'Arrimage fait presque tout. La figure y fait aussi; car plus la Poupe oppose une grande résistance, plus le Navire cingle.

VIII.

Depuis long-tems, les Marins s'apperçoivent que l'art de charger un Navire est un grand Art. Par le tâtonnement, ils tâchent à le découvrir. Ils réussissent quelquefois assez bien; mais le plus souvent ils hazardent beaucoup & leurs expériences leur sont nuisibles.

Le Chevalier *Goion*, Homme d'esprit, grand Marin, étoit heureux dans ces tentatives. A force de bouleverser l'Arrimage, il tiroit quelquefois parti du plus mauvais Voilier

Voilier. Ces coups heureux passoient pour des connoissances certaines ; & on a même dit après sa mort, que malheureusement cet Art lui étoit particulier. Contens de cette preuve, non-seulement les Marins, mais des Géométres, ont pensé tout bonnement, que la plûpart des peines de cet Officier, se bornoient à une certaine disposition du centre de gravité. Hors de-là, tous les effets, dont on a pû rendre raison, ont été fort cavalierement suspectés. Eh ! pouvoit-on en assigner les causes ; faire observer les effets, qu'on ne connoît pas, & donner des régles sûres, pour l'Arrimage, en ignorant la façon dont se forme le Tangage, & l'Agent véritable du mouvement du Navire ? Sans ces connoissances, il étoit impossible qu'on y parvînt.

IX.

Les principes généraux, que je donne ici, sont les fondemens d'une nouvelle Théorie de la Mâture. L'exécution de mon projet est très-compliqué. Le grand point est de découvrir le centre spontané de rotation du Mât, & cela est bien difficile. Une semblable recherche tant Géométrique que Physique, est très profonde ; & si l'on joint à cette étude celui d'établir une

Théorie, & d'apliquer cette Théorie à la pratique, on comprendra, qu'un pareil travail ne doit s'entreprendre, qu'après, que le Public aura admis ces nouveaux principes. C'eſt pourquoi, comme l'importance de la matiere le demande, & que les avantages, qu'on promet ſont grands, quoiqu'on ne les expoſe pas tous, on ne ſauroit examiner avec trop de rigueur mes preuves. Je prie les Savans de porter leur jugement.

Si mes principes ſont reçûs, comme je l'eſpere, je réduirai tout mon Ouvrage en Théorêmes, ſuivis de Problêmes, & je tâcherai de calculer une Table, par laquelle la force du vent étant donnée, depuis un effort capable de faire tourner un Navire, juſques à celui où il doit faire capot, on aura le véritable port des Voiles, & la hauteur du centre de leurs efforts, afin que le Navire ſubiſſe la rotation néceſſaire pour le faire ſiller le plus avantageuſement, qu'il eſt poſſible. Dans une colonne particuliere, je joindrai le nombre d'oſcillations, ſuivant les dégrés de force du vent, le tems étant donné.

X.

Pour donner une idée du reſte de ma Théorie, je déterminerai la poſition des Mâts, ſur le Vaiſſeau, & je ferai voir leur

ufage, fur tout, lorfque la Mer eft fort agitée, où il eft important de conduire le Navire avec une grande circonfpection. C'eft-là que le Gouvernail doit agir. Son jeu, qu'on n'a pas encore examiné, y eft admirable, & fes effets d'accord avec ceux des Mâts, peuvent éviter des malheurs fréquens, qu'on éprouve fur Mer & qu'on attribuë quelquefois à un tems, contre lequel on penfe, qu'il eft impoffible de fe garantir. Tel eft notre aveuglement. Nous rapportons au Créateur, ce qui n'eft fouvent que l'effet des Caufes fecondes. Dès qu'on faura l'Art de *manier un Vaiffeau*, & de le faire obéïr aux mouvemens des vagues, quelques irréguliéres, qu'elles puiffent être, on reconnoîtra, que la plûpart des naufrages font dûs à l'impéritie des Marins. Il eft étonnant, que les Géométres, qui ont travaillé fur la Marine n'aïent point donné des régles, pour faire garder à un Vaiffeau fon parallélifme, & n'aïent point connu l'efpéce de *Manege* qu'on doit faire pour cela, malgré les Houles les plus orageufes. Je me propofe d'examiner cette matiere, fi mon zéle eft acceuilli favorablement par le Public, Marin & Géométre; & j'y joindrai un examen de la courbure la plus avantageufe de la Voile; car on fait, qu'une trop grande & une moindre

eſt également défectueuſe. C'eſt à lui à démander cet Ouvrage & à juger de ſon utilité : il peut compter dans l'exécution ſur mes ſoins & ſur mon exactitude.

§. X.

Réponſe aux reflexions critiques de M. BOUGUER, ſur la nouvelle Théorie de la Manœuvre des Vaiſſeaux, à la portée des Pilotes.

I.

MONSIEUR *Bouguer*, à la page 387. de ſon Traité du Navire, prétend lever une objection, que j'ai faite à la méthode, qu'il propoſe dans ſon Traité de la Mâture, pour connoître l'axe de l'impulſion de l'eau ſur la Prouë. * J'ai cru cette méthode élégante; mais je l'ai trouvée peu ſatisfaiſante dans la Théorie, & trop compliquée pour la pratique.

L'opération Théorique conſiſte à diviſer la Prouë en pluſieurs zones infiniment petites, & chaque zone en des parties auſſi

* Voyez ma Théorie de la Manœuvre &c. P. 80.

infiniment petites. On cherche l'impulſion de l'eau ſur chacune de ces parties, qui étant intégrées & multipliées par la largeur de la zone, donnent l'impulſion de l'eau ſur la zone entiere. Il ne reſte après cela, qu'à intégrer toutes ces zones, & on a l'effort de l'eau ſur toute la ſurface de la Prouë, d'où il eſt aiſé après de trouver l'axe, par le principe ordinaire de Statique.

Cela eſt beau ! Il eſt fâcheux, que les différentielles, qu'il faut intégrer, ne ſoient pas intégrables. Oüi, ce travail n'a d'autre utilité, que de donner une idée confuſe de ce qu'on cherche, comme je l'ai déja remarqué.

II.

Pour la pratique, l'opération en eſt trop longue, pour pouvoir en inſtruire le Lecteur. Je le renvoïe abſolument au Traité, de la Mâture p. 128. & du Navire. p. 387. de M. *Bouguer*, & je ſouhaite qu'il en ſoit ſatisfait, malgré ma fermeté à ſoutenir le contraire. J'obſerverai ſeulement, que je doute fort, que l'impulſion de l'eau, connuë pour une ſeule route, ſuffiſe dans la pratique pour toutes. En l'accordant, je penſe encore de bonne foi, que cette Méthode eſt bien longue ; & je crains fort, qu'on puiſſe en retirer l'utilité dont on nous flatte.

» Quand même, dit l'Auteur, (p. 396.) » il feroit néceffaire d'entreprendre pour » plufieurs routes toutesles opérations, que » nous venons de prefcrire, je ne crois pas » qu'on puiffe nous objecter leur longueur. » Je ne l'objecte point cette longueur. L'objection eft toute de M. *Bouguer*, & il n'y a qu'à lire la p. 428. du Traité de la Mâture, que j'ai déja cité dans ma Manœuvre, pour s'en convaincre. Au refte, eft-ce que les avantages, qu'on doit retirer d'un travail, en diminuent la peine ? Le travail & la fatigue reftent toujours. Seulement, l'efpérance du profit donne du courage, & rend en quelque forte la peine plus fupportable. Ce raifonnement, où l'on s'eft écarté des régles de la dialectique, ne prouve pas auffi, qu'on doive préférer cette voïe, (en la fuppofant pratiquable) pour fe procurer ces avantages, s'il en eft d'infiniment plus fimples. Qui eft l'Homme, qui pourroit penfer ainfi ? Il pafferoit pour infenfé.

III.

On me donne, à la fuite de cette réponfe, un avis, dont je fais trop de cas, pour le paffer fous filence. » Qu'il me foit » permis, dit M. *Bouguer*, de repréfenter » à l'Auteur, qu'on ne perfectionne point » un Art en fubftituant des principes faux, » à des principes vrais, &c. «

Depuis ce conseil, j'ai lû, & ai fait examiner mon Ouvrage, pour découvrir les erreurs dont on me taxe un peu légerement, ce semble, mais je l'avouë ingénuement : ni les lumieres de mes Censeurs, ni mes réflexions n'ont rien pû me faire connoître. Seroit-ce parce que j'ai pris comme M. *Pitot*, le point d'apui de la Rame dans l'eau, & que j'aurois dû le prendre sur le Bateau, comme le prétend (après *Aristote*) M. Bouguer ? Lorsque je composois mon Chapitre sur la Rame, qui est le cinquiéme de mon Livre, j'avois fait mûrement (nonobstant l'autorité du Célébre M. *Pitot*) cette réflexion ; & ce vieux sentiment me parut une vieille erreur. Le détail, dans lequel je suis entré, pour faire voir, que la Rame peut être considérée comme un levier du second genre, qui a un point d'apui fixe, auroit dû le faire connoître. D'ailleurs, les raisons, qu'on allégue, ne me paroissent pas suffisantes, pour me faire changer d'avis. Et on me permettra de croire, que je ne me trompe point en le soutenant.

S'il y a quelqu'autre proposition dans mon Ouvrage, qu'on croïe fausse, on me fera plaisir de me l'indiquer. Il est tems, qu'on parle à découvert. Les esprits commencent à sortir de leurs préventions & à voir clair. On examine, on juge, on a jugé.

De la même façon, que j'ai discuté les principaux fondemens de la Mâture, j'analyserai ceux de la Manœuvre, si on le juge à propos.

IV.

Un Ouvrage, qui est appuïé sur de faux principes, est un Ouvrage peu digne de voir le jour, & de nulle utilité. Le mien, si l'on en croit ce qui suit dans cette Note, est encore plus mauvais. * Outre la fausseté, j'ai passé, dit-on, à côté des difficultés. Entend-on par-là que je les ai applanies? Et appelle-t'on cela, passer à côté des difficultés, & ne pas perfectionner un Art? Si cela est, je m'en rapporte au Lecteur, pour décider de quel côté est l'erreur. Si on entend autre chose, je n'ai pas l'Art de deviner, & il me semble, qu'on ne pouvoit éxiger davantage d'une Théorie de la Manœuvre, que de donner des moïens de bien orienter les Voiles; de situer avantageusement le Gouvernail; de déterminer la vîtesse du Vaisseau, suivant les differens airs de vent, suivant ses differentes forces, suivant les differentes surfaces des voiles, & leurs differentes Voilures. Qu'on joigne à cela les problêmes, qui suivent ces propositions, & on verra, que les personnes même, qui ont le plus approfondi cette

* On dit communément : *Qui nimis probat nihil probat.*

matiere, n'ont pas été si loin.

Tout cela a été exécuté, sans admettre aucune fausse supposition, & par des voïes aisées, & intelligibles aux personnes initiées dans les simples élémens de Mathématique & de Pilotage. On censure cette méthode! Quel goût! Ce qui est ici un sujet de blâme, en seroit un d'éloge, si mon travail pouvoit en être digne & en mériter par quelqu'endroit.

V.

Autre sujet de reproche. J'ai négligé des conditions essentielles. Je n'ai pas voulu faire usage des Tables & cependant les Tables, sont d'un usage plus commode que les opérations *Numériques* ou *Graphiques*. Cela est vrai. Ai-je jamais pensé autrement? Dans ma Théorie, je me sers des Tables, pour orienter les Voiles. A la p. 96. de mon Livre, j'exhorte très-fort les Marins à en composer sur la figure du Vaisseau, suivant la méthode, que je leur ai proposée. Je dois convenir cependant, que je n'ai pas crû devoir me servir de celles où l'on suppose, que le Navire est un segment de cercles, comme a fait M. *Bouguer* après plusieurs Auteurs. Quelque grande que soit l'estime, que j'ai pour le travail & l'intelligence, qui regnent dans ces Tables, j'ai

voulu avoir égard à la propre figure du Vaiſſeau; & je n'ai ſuivi dans mon idée que celle du grand *Bernoulli*, qui a déſiré, qu'on y eût attention. C'eſt ainſi, qu'il s'explique dans ſa Théorie de la manœuvre.

» Je donne, dit ce ſublime génie dans » ſa Préface, à ce petit Traité, le Titre *d'eſ-* » *ſai d'une nouvelle Théorie de la Manœuvre* » *des Vaiſſeaux*; car enfin ce n'eſt qu'un eſ- » ſai, & je reconnois très-volontiers, qu'il » s'en faut beaucoup, que cette nouvelle » Théorie ne ſoit complette, auſſi n'en » verra-t'on jamais, qui le ſoit, vû les dif- » ficultés preſque inſurmontables, qu'on ren- » contre lorſqu'on veut emploïer les véri- » tables principes de cette ſcience, & *con-* » *ſiderer la propre figure du Vaiſſeau, conſi-* » *dération d'où dépend pourtant la perfection* » *de cette Théorie.*

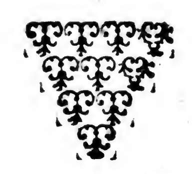
Les difficultés, dont M. *Bernoulli* veut parler, ſont celles qu'on rencontreroit, ſi l'on vouloit emploïer à cette fin, des moïens purement Géométriques; & il eſt certain, que la figure irréguliere du Navire jetteroit un Mathématicien dans un grand travail peut-être infructueux. Il ne reſtoit, que des voïes mécaniques, pour avoir égard à cette figure, & ce ſont ces voïes, dont je me ſuis ſervi au défaut des autres.

VI.

On dit, malgré tout cela, que *j'ai négligé quelques-unes ou plusieurs des conditions les plus essentielles*. Quelques-unes ou plusieurs! Je ne puis rien répondre à cela; parce que je ne réponds qu'à des faits, & tout ceci est dénué de preuves. Il me semble, que ce cortége est nécessaire, lorsqu'on accuse quelqu'un de s'être trompé, & que c'est bien présumer de soi-même, que de se flatter, qu'on puisse persuader autrement. Par exemple, si je voulois faire le reproche à M. *Bouguer*, qu'il me fait, je dirois, que ce Savant, dans son Traité de la Mâture, a négligé les Houles; qu'il a supposé la Mer toujours calme, quoiqu'elle soit toujours agitée, & qu'on doit avoir égard à son agitation; qu'il a avancé en conséquence, qu'on pouvoit augmenter la surface des Voiles & la longueur des Vergues sans rien craindre, je ne dis pas à l'infini, comme il l'assure, mais du double sans faire attention, que le poids énorme de ces Vergues feroit échoüer le Navire; & selon les principes de l'Auteur, en supposant la Mer calme, le *Métacentre* passeroit le point où le Vaisseau doit verser dans le Port même. Par-là, je prouverois évidemment, que M. *Bouguer* auroit négligé dans son Traité de la Mâture deux conditions essentielles

l'agitation du Navire par les *lames*, & le point véritable du Métacentre. *

* Pour justifier ma conduite dans ma Théorie de la Manœuvre des Vaisseaux, j'aurois pû faire à M. *Bouguer* une réponse plus courte & plus *tranchante.* Dans le Mercure de Janvier de cette année p. 67. cet Académicien m'a objecté l'autorité des Journalistes de Trévoux; afin d'appuier son principe de la Mâture, que j'ai refuté, parce qu'il le croïoit à son avantage. On verra ci-après le sentiment des Journalistes expliqué. A sa critique, n'aurois-je pas dû opposer les suffrages de ces Juges éclairés bien capables de me consoler de la perte du sien, si je le prisois moins, & me borner à cette réponse? Voïez le Journal de Trévoux du mois d'Avril.



ADDITION.

I.

DEPUIS l'impreſſion de cet Ouvrage, M. *Bouguer* a publié dans le Mercure de Janvier de cette année une ſeconde réponſe à mon objection, qui n'eſt au fond, qu'une extenſion de la premiere; puiſque l'Auteur ſe retranche toujours ſur l'équilibre, que j'ai détruit ci-devant. Quoiqu'elle donne priſe, malgré cela, à une ample réplique, je me bornerai cependant à la ſuivante, par laquelle je n'ai en vuë, que les principaux articles, qui concernent notre diſpute. J'évite avec grand ſoin, tout ce qui n'y a qu'un rapport indirect; & je veux bien ſacrifier même juſqu'à ma propre juſtification & au plaiſir, que je pourrois avoir de convaincre la plûpart des raiſonnemens de M. *Bouguer* de foibleſſe, pour ne rien dire de plus, à celui de faire voir, par ma réticence, avec quelle attention je ménage un Académicien, pour lequel j'aurai toujours des égards, malgré ſa façon d'agir (qu'il me permette de le dire) un peu dure envers moi. *

* *Satius eſt quædam cauſæ detrimento tacere, quàm verecundiæ damno dicere.* Seneque.

II.

M. *Bouguer* m'oppose d'abord l'authorité du Journaliste de Trévoux du mois d'Août de l'année derniere, qu'il présume lui être favorable. Selon lui, l'Auteur du Journal, *après avoir mûrement pésé les circonstances de la dispute*, a crû, que j'étois (*malgré mes prétendues objections*) de l'avis même, que je combattois. L'Académicien souhaiteroit fort pouvoir se borner à cette réponse *si tranchante*. C'est-à-dire qu'il souhaiteroit fort être de mon avis ou que je fusse du sien. L'un de ces deux cas pourroit bien arriver, & j'espere beaucoup pour le premier.

Mais qu'est-ce que dit réellement le Journaliste ? On lit, dans le Journal cité, (Mémoires pour l'Histoire des sciences p. 1645) » M. Saverien pourroit bien vouloir dire » la même chose, lorsqu'il met cet appui, » où se coupent les deux directions du ba- » lancement du Vaisseau. « Selon plusieurs personnes, ce jugement ne fait ni pour M. *Bouguer* ni pour moi. Cependant, si on l'en croit, on a entendu par-là, 1°. Que dans mon objection, je ne fais pas assez d'attention à tout ; 2°. Que je parts d'un principe peu certain ; 3°. Que mes objections ne sont

nullement fondées. (Mercure de Janvier p. *66.*) Je l'avouë ingénuement : je n'aurois jamais crû, (Eh, qui l'eût jamais deviné !) que des expressions si claires dans le fond & en si peu de mots eussent une si grande signification. Je pensois, que le Journaliste avoit voulu dire, que le point de concours du balancement pouvoit bien être dans le centre de gravité du Navire, sans vouloir s'expliquer davantage. Desorte qu'il ne s'agissoit plus, que de prouver, que le point de concours ne pouvoit dans aucun cas être au centre de gravité du Vaisseau, pour gagner entierement le suffrage du Journaliste, qui paroît déja en ma faveur.

Le Lecteur comprend bien, que le sens, qu'on a donné à ces paroles, n'est nullement le véritable. D'ailleurs, si on avoit voulu dire, que je parts d'un principe *peu certain*, M. *Bouguer* y perdroit autant que moi ; puisqu'il conjecture, comme on vient de voir, que nous sommes dans le même sentiment, ce qui signifieroit en bon françois, dans la même erreur. En second lieu, si je parts d'un principe *peu certain*, est-il raisonnable, que le Journaliste ait dû ajoûter » cela ne » doit pas empêcher M. Saverien de donner » le Traité de la Mâture, qu'il nous fait espe- » rer ? « Le beau Traité que celui, qui auroit pour fondement un principe *peu certain !*

Qu'il feroit utile ! En vérité, & peut-on interpréter ainfi le fentiment du Journalifte ? J'en appelle au jugement du Lecteur. N'étoit-il pas plus fage de penfer, qu'il n'a pas voulu prendre parti dans cette difpute ?

Je dis plus : fi l'on peut déterminer le fens du Journalifte, je prétends, qu'il eft en ma faveur. Je le prouve : j'ai avancé dans ma nouvelle Théorie de la Manœuvre, que je ne publierois mon nouveau Traité fur la Mâture, qu'au cas, que les Savans termineroient le differend, qui eft entre M. *Bouguer* & moi, à mon avantage. L'Auteur du Mercure, en rendant compte de mon Livre, l'avoit annoncé de même. (Mercure de Fevrier 1746. p. 109.) Après cela, demander un ouvrage, qu'on ne promet de publier, qu'à condition, qu'on reconnoiffe pour vrai un principe, qui doit en être le fondement, n'eft-ce pas l'admettre ? Je demande pardon au Journalifte ; difons mieux aux Auteurs du Journal de Trévoux, fi je prends la liberté de dévoiler un jugement, qu'il y a tout lieu de croire, qu'ils ont voulu tenir caché.

III.

On lit enfuite dans la réponfe de M. *Bouguer* un expofé de mon fentiment, qui n'eft

n'eſt pas le mien. A la page 71. du Mercure de Janvier, M. *Bouguer* prétend, que j'ai prouvé, ou du moins que j'ai entrepris de le faire, *que le point d'apui du Mât eſt ſitué à une hauteur conſidérable du Vaiſſeau.* Oſerois-je demander à l'Académicien, l'endroit dans lequel j'ai formé cette entrepriſe? Vainement, je l'ai cherché dans mon Livre & dans ma réponſe à la Lettre de M. de *Genſane*, inſérée dans le Mercure de Novembre de l'année derniere, & qui a occaſionné celle de M. *Bouguer*. Au contraire, dans le Mercure de Novembre p. 51. après avoir expliqué mon ſentiment à M. *de Genſane*, qui avoit fait la même faute dans laquelle M. *Bouguer* eſt tombé, je dis: » le point de con» cours de balancement eſt très difficile à dé» terminer. Il faudroit connoître pour cela le » point où ſe concentre la force mouvante. » En examinant tout ce que j'ajoute dans cet Ecrit, je ne conçois pas comment on peut ſe méprendre par rapport à mon Principe. On l'a vû dévelopé dans cet Ouvrage, bien différemment, que M. *Bouguer* ne l'expoſe. Je me flate que le Lecteur eſt détrompé. Néanmoins, je ne crains pas de le répéter en le mettant ici ſous ſes yeux. Je dis donc, que l'hypomoclion du Mât dans le cas du Tangage eſt: *Au centre ſpontané de rotation, c'eſt-à-dire, à un point*

fixe, tandis que toutes les parties du Mât & du Navire ſont en mouvement, & duquel point l'endroit du Mât, où ſe concentre la force mouvante & celui où s'exerce la puiſſance, qui eſt ici repreſentée par le vent, décrivent des Arcs, dont le point d'apui, qui en détermine les rayons, eſt le centre.

Après cet expoſé de mon Principe ; j'eſpere, que M. *Bouguer* ne dira plus, que *je place le centre de rotation vers le même endroit où je place la puiſſance, qui eſt ici repréſentée par l'effort du vent.* (Mercure de Janvier p. 76.) Maintenant qu'on tire le rideau, & qu'on ſoutienne, que nous voïons, lorſqu'un Navire cingle, *que le haut du Mât décrit toujours de grands Arcs, dont le corps du Navire eſt comme le centre.* Je répondrai, que M. *Bouguer* ſe trompe ici tout de même, que lorſqu'il aſſure, que ſelon moi, le Vaiſſeau doit parcourir de grands eſpaces, en ſe balançant autour d'un point fort élevé. Ce qu'on doit voir, & ce qu'on a vû avec moi, eſt que l'extrémité du Mât décrit des Arcs en avant & le Navire en arriere, & que la grandeur de ces Arcs eſt rélative à l'effort du vent.

IV.

Je ſupprime bien des choſes, que j'au-

rois à dire, & je finis par cette obſervation: Selon M. *Bouguer*, *il eſt permis dans une infinité de circonſtances, d'établir le point d'apui où l'on veut.* Ceci m'étonne. Il s'agit ici d'un centre ſpontané de rotation. Mais un centre ſpontané, ne peut pas être placé où l'on veut. *Voco ſpontaneum*, dit M. *Bernoulli*, *quia à natura ſponte, quaſi eligitur pro diverſitate circumſtantiarum; ita ut non ſit in poteſtate noſtra, illud ponere pro lubitu.* Tome IV. p. 268 de ſes Œuvres. Et voilà toute la Replique, que j'oppoſe à la Réponſe de M. *Bouguer*. Il eſt aiſé de voir après mes réflexions, ſur ces articles, ce que j'aurois pû répondre à pluſieurs autres, qui ſont encore plus foibles que ceux-ci, & que je paſſe ſous ſilence par conſidération pour leur Auteur.

FIN.

TABLE
Du contenu en cet Ouvrage.

DISCOURS PRE'LIMINAIRE.

§ I.

Notions Générales de toutes les parties de la Marine.

§ II.

Principes de la Théorie de la Mâture de M. BOUGUER.

---

§ II.

Objection au Principe fondamental de cette Théorie. Réponse de M. BOUGUER à cette objection. Réplique à cette Réponse.

---

§ IV.

La Réponse de M. BOUGUER est indirecte. Elle ne leve pas l'Objection. Contradiction de son Auteur.

---

§ V.

L'effort du vent sur les Voiles, l'impulsion de l'eau sur la Prouë, la poussée verticale de l'eau, ne peuvent suspendre le Vaisseau & le tenir en équilibre : on le prouve.

§ VI.

Quelle est la cause Physique du Tangage du Navire. Il est impossible de le prévenir.

§ VII.

L'hypomoclion du Mât, soit que le Navire tangue ou non, n'est pas à son centre de gravité. Le centre de rotation est le même que celui d'oscillation.

---

§ VIII.

Des differents effets du vent ſur le Navire, ſuivant la diſpoſition de ſa charge.

§ IX.

Comment un Vaisseau balance & cingle en même tems. De la cause de ce dernier mouvement. Principes généraux & Plan d'une nouvelle Théorie de la Mâture.

§ X.

Réponse aux réflexions critiques de M. BOUGUER sur la nouvelle Théorie de la Manœuvre des Vaisseaux, à la portée des Pilotes.

FIN.

APPROBATION.

J'Ai lû par ordre de Monseigneur le Chancelier, un Manuscrit intitulé : *La Mâture discutée & soumise à de nouvelles Loix.* Sans adopter le sentiment de l'Auteur dans sa dispute avec M. Bouguer, j'ai crû juste qu'il publiât les raisons sur lesquelles il se fonde. A Paris ce 20. Décembre 1746.

CLAIRAUT.

PRIVILEGE DU ROY.

LOUIS par la grace de Dieu Roi de France & de Navarre à nos Amés & Féaux-Conseillers les Gens tenans nos Cours de Parlement, Maîtres des Requêtes ordinaires de notre Hôtel, grand Conseil, Prévôt de Paris, Baillifs, Sénéchaux,

leurs Lieutenans Civils & autres nos Justiciers qu'il appartiendra, Salut. Notre bien amé Le Sieur Saverien, Nous a fait exposer qu'il désireroit faire imprimer & donner au Public un Ouvrage qui a pour titre : *La Mâture Discutée & Soumise à de Nouvelles Loix*, s'il nous plaisoit lui accorder nos Lettres de Permission pour ce nécessaires. A ces causes Voulant favorablement traiter l'Exposant, Nous lui avons permis & permettons par ces présentes de faire imprimer ledit Ouvrage en un ou plusieurs Volumes & autant de fois que bon lui semblera, & de le vendre, faire vendre & débiter par tout notre Royaume pendant *le tems de trois années* consécutives, à compter du jour de la datte des présentes; Faisons défenses à tous Libraires, Imprimeurs & autres personnes, de quelque qualité & condition qu'elles soient, d'en introduire d'impression étrangere dans aucun lieu de notre obéissance, à la charge que ces présentes seront enrégistrées tout au long sur le Régistre de la Communauté des Libraires & Imprimeurs de Paris, dans trois mois de la date d'icelles, que l'impression dudit Ouvrage sera faite dans notre Royaume & non ailleurs, en bon papier & beaux caractéres conformément à la feuille imprimée attachée pour modéle sous le contre-Scel des présentes que l'Impétrant se conformera en tout aux reglemens de la Librairie & notamment à celui du 10. Avril 1725. qu'avant de l'exposer en Vente le Manuscrit qui aura servi de copie à l'impression dudit Ouvrage sera remis dans le même état où l'approbation y aura été donnée ès mains de notre très-cher & féal Chevalier le Sieur Daguesseau Chancelier de France, Commandeur de nos Ordres, & qu'il en sera ensuite remis deux exemplaires dans notre Bibliothéque Publique, un dans celle de notre Château du Louvre & un dans celle de notredit très-cher & féal Cheva-

lier le Sieur Daguesseau Chancelier de France, le tout à peine de nullité des présentes ; Du contenu desquelles Vous mandons & enjoignons de faire joüir ledit Exposant & ses ayans causes pleinement & paisiblement, sans souffrir qu'il leur soit fait aucun trouble ou empêchement. VOULONS, qu'à la copie des présentes qui sera imprimée tout au long au commencement ou à la fin dudit Ouvrage, foi soit ajoutée comme à l'original. Commandons au premier notre Huissier ou Sergent sur ce requis de faire pour l'exécution d'icelles tous actes requis & nécessaires, sans demander autre Permission & nonobstant clameur de Haro, Charte-Normande & Lettres à ce contraires. Car tel est notre plaisir. DONNE' à Versailles le dix-septiéme Février l'an de grace mil sept cent quarante sept & de notre Regne le trente-deuxiéme Par le Roi en son Conseil.

Signé, SAINSON.

Registré sur le Registre onze de la Chambre Royale & Syndicale des Libraires & Imprimeurs de Paris, N°. 758. *fol.* 670. *conformément au Réglement de* 1723. *qui fait défenses Art.* 4. *à toutes personnes de quelque qualité qu'elles soient autres que les Libraires Imprimeurs, de vendre débiter & faire afficher aucuns Livres pour les vendre en leurs noms, soit qu'ils s'en disent les auteurs ou autrement, & à la charge de fournir à ladite Chambre Royale & Syndicale des Libraires & Imprimeurs de Paris, huit exemplaires prescrits par l'Article* 108. *du même Réglement. A Paris le* 20. *Février* 1747.

GUILLAUME CAVELIER, pere, *Syndic.*

